VISIT…

LANZAROTE

Caliente.com

# СУБСТРАТЫ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВЕШЕНКИ

## ЧАСТЬ 2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ СУБСТРАТОВ

Тишенков А.Д., главный специалист Школы грибоводства

ШКОЛА ГРИБОВОДСТВА

125284, Москва, 1-й Хорошевский проезд, 3а, офис 414
Тел.: (095) 255-52-59 Факс: (095) 945 -41-80
T-mail: mushroom.school@mtu-net.ru

## Содержание

Введение 2
1. Предварительная подготовка 3
1.1. Заготовка сырья 3
1.2. Складирование сырья 4
1.3. Измельчение 4
1.4. Смешивание 5
1.5. Увлажнение 6
1.6. Промывка 7
2. Термическая обработка субстрата 7
2.1. Способы обработки 7
2.2. Влияние термообработки на химический состав и микрофлору субстратов 8
2.3. Стерилизация 10
2.3.1. Стерильные технологии 10
2.3.2. Жесткая стерилизация 11
2.3.3. Мягкая стерилизация 14
2.4. Пастеризация 16
2.4.1. Нестерильные технологии 16
2.4.2. Классическая пастеризация 16
2.4.3. Ферментация 21
2.4.4. Оборудование для пастеризации 23
2.4.4.1. Контейнеры 24
2.4.4.2. Тоннели 26
2.4.4.3. Смесители 32
2.4.4.4. Пастеризация в камерах 34
2.4.5. Гидротермическая обработка 35
2.4.6. Ксеротермическая обработка 36
2.5. Другие методы обработки 39
2.5.1. Химические 39
2.5.2. Физические 41
2.5.3. Биологические 41
3. Формирование субстратных блоков. 42
3.1. Варианты емкостей и контейнеров. 42
3.1.1. Стеллажи 42
3.1.2. Пакеты 43
3.1.3. Колонны 46
3.1.4. Ящики 47
3.1.5. Банки и бутыли 47
3.2. Воздухообмен субстратных блоков 48
3.2.1. Перфорация пленки 48
3.2.2. Фильтры 49
3.2.3. Открытые системы 49
3.3. Физико-химические параметры субстратного блока 50
3.3.1. Плотность 50
3.3.2. Влажность 50
3.3.3. pH 51
3.4. Формирование субстратных блоков 51
3.4.1. Ручное 51
3.4.2. Механизированное 51
3.4.3. Автоматизированное 52
3.5. Инокуляция 52
3.5.1. Виды и штаммы вешенки 52
3.5.2. Посевной мицелий 55
3.5.3. Хранение и подготовка мицелия к посеву 55
3.5.4. Посевная норма и способы посева мицелия 55
Заключение 56

**Введение.**

Приготовление субстрата для культивирования вешенки занимает значительно меньше времени, чем подготовка шампиньонного компоста. Однако, это не делает этот процесс таким же простым, как посадка картофеля. Приготовление субстрата включает в себя целый ряд связанных между собой этапов, таких как выбор композиции субстрата, заготовка сырья и его складирование, измельчение и увлажнение, термическая обработка, фасовка и инокуляция. Существуют десятки вариантов субстратных композиций и столько же вариантов термической обработки и конфигураций емкостей субстратных блоков. Если в шампиньонной индустрии уже сложились стандартные варианты компоста и оборудования для его приготовления, то в отношении культивирования вешенки мы стоим только у самого начала этого процесса.

Интенсивная технология культивирования вешенки на лигноцеллюлозных субстратах начала развиваться в Европе в 60-х годах. В 1965 году в Венгрии была разработана и в 1966 году запатентована стерильная технология выращивания вешенки. Субстрат обрабатывали в автоклавах при повышенном давлении и температуре 115-130 °С. В качестве тары использовали 3-5 литровые стеклянные банки. Стерильный способ давал прекрасные результаты, но был слишком дорогостоящим.

Дальнейшее упрощение и удешевление технологии привело к замене автоклавирования обработкой субстрата в аппаратах без давления при температуре 100 °С. Этот вариант мягкой стерилизации или атмосферной стерилизации был запатентован в 1970 г. Технология получила широкое распространение благодаря простоте и экономичности.

Дальнейшее усовершенствование технологий приготовления субстрата было направлено на повышение селективности и переход к нестерильному способу обработки. В 1970 г. в Венгрии была запатентована интегрированная микробиологическая технология, которая предусматривала обработку субстрата термофильными бактериями. Культуру бактерий в большом количестве выращивали в ферментерах. Субстрат сначала пастеризовали, а затем ферментировали. В 1978 г. была разработана ксеротермическая технология, которая была сначала реализована в Венгрии, а затем в Италии. Сухой субстрат обрабатывали паром в течение 1-1,5 часов при температуре 100 °С и затем увлажняли водой до необходимого уровня. Технология получила широкое распространение, особенно в Венгрии.

В 1983г. был построен первый в Европе специально спроектированный комплекс по выращиванию вешенки (г. Вейден, Германия). Это было самое крупное предприятие по культивированию вешенки в мире. Полезная площадь комплекса достигала 3,5 га. Основу комплекса составили стандартные модули площадью 200 м², покрытые многослойным полимерным, утепленным материалом. 24 модуля отводилось под заращивание субстратных блоков, 112 модулей под плодоношение. Субстрат сначала пастеризовали, а затем ферментировали в восьми больших тоннелях, вмещающих по 50 тонн субстрата каждый.

Дальнейшее развитие системы культивирования вешенки состояло в разработке проектов серии предприятий различной мощности от 150 до 1200 тонн грибов в год на основе полностью механизированной ксеротермической обработки субстрата. В Европейских странах сейчас уже построено более 2000 модулей для культивирования вешенки общей площадью 400000 м².

В России пока еще не разрабатываются специальные проекты культивационных камер для выращивания вешенки, и не изготавливается специальное оборудование для приготовления субстрата. Для выращивания вешенки используют различные освободившиеся приспособленные помещения (теплицы, подвалы, птичники, свинарники и т.п.), а для приготовления субстрата с/х оборудование и самодельные устройства (соломорезки, смесители-запарники). Хорошие результаты получают при пастеризации субстрата в тоннелях для приготовления шампиньонного компоста. Многие грибоводы освоили ксеротермическую технологию, используя смесители-кормозапарники. Достаточно стабильные результаты дает гидротермическая обработка в простых металлических контейнерах. Некоторые грибоводы успешно реализуют стерильную технологию выращивания вешенки, получая на небольших площадях высокие урожаи. Разработано несколько вариантов прессов для формирования субстратных блоков, производительностью 1 блок/минуту. Многие шампиньонные хозяйства начинают дополнительно выращивать вешенку и используют для этого уже разработанное для шампиньонниц оборудование. Таким образом, в России наблюдается активный процесс перехода от малообъемных немеханизированных производств к современным механизированным и автоматизированным грибоводческим комплексам большой производительности.



**1. Предварительная подготовка.**

**1.1. Заготовка сырья.**

Составной частью большинства субстратов для выращивания вешенки является солома зерновых культур (пшеница, ячмень, рожь, овес, рис, просо и т.п.). Хорошие результаты получают на стеблях, шелухе семян и лузге различных с/х культур (рапс, подсолнечник, гречиха и т.п.). В период вегетации растения инфицируются различными микроорганизмами (первичная инфекция), в том числе и конкурентными вешенке. Для предотвращения развития конкурентной микрофлоры необходимо соблюдать ряд правил (на примере соломы):

1. Сырье должно быть свежее, сухое.

Солому лучше собирать сразу после обмолота зерновых. Заготавливать солому надо в сухую погоду. Увлажненная солома - прекрасный субстрат для развития конкурентной микрофлоры.

2. Сырье должно быть чистое, однородное по составу.

Солома не должна содержать чужеродных примесей: земли, сорняков, зеленых частей растений. Солома хорошего качества имеет золотисто-желтый цвет, без признаков загнивания или плесневения.

3. Правильное хранение сырья.

Сырье должно храниться в условиях, предотвращающих его увлажнение. Солому часто хранят в скирдах. Если солома в скирде уложена правильно, то намокает только наружный слой соломы, а внутренние слои сохраняются сухими. Солома, спрессованная в тюки и уложенная под навесом или в ангаре, наиболее предпочтительный вариант хранения.

4. Заготовка сырья в объеме годовой потребности.

Если заготавливать сырье на год работы до следующего сезона заготовок, то можно тем самым обеспечить достаточную стабильность характеристик сырья, при условии правильного хранения. Все это в целом позволит повысить надежность работы грибной фермы.

Известно, что свежезаготовленная солома тормозит развитие мицелия вешенки в первые 3 месяца хранения. Определенный запас хорошо хранившейся прошлогодней соломы поможет решить эту временную проблему. Несколько иная ситуация возникает при использовании лузги подсолнечника. Лузга, полученная при обмолоте свежесобранных семян подсолнечника, имеет превосходное качество. Однако, если семена подсолнечника полежали полгода, да еще во влажных условиях, то полученная с них лузга вызывает массу проблем из-за развития конкурентной микрофлоры.

Контроль качества сырья осуществляют на месте сбора (визуально, органолептически), во время его доставки и, наконец, на самом предприятии, где проводят различные анализы: химический (содержание общего азота, pH), физический (влажность воздушно-сухого сырья перед закладкой на хранение), микробиологический (инфицированность конкурентными микроорганизмами), гигиенический (содержание пестицидов, тяжелых металлов, радиоактивность).

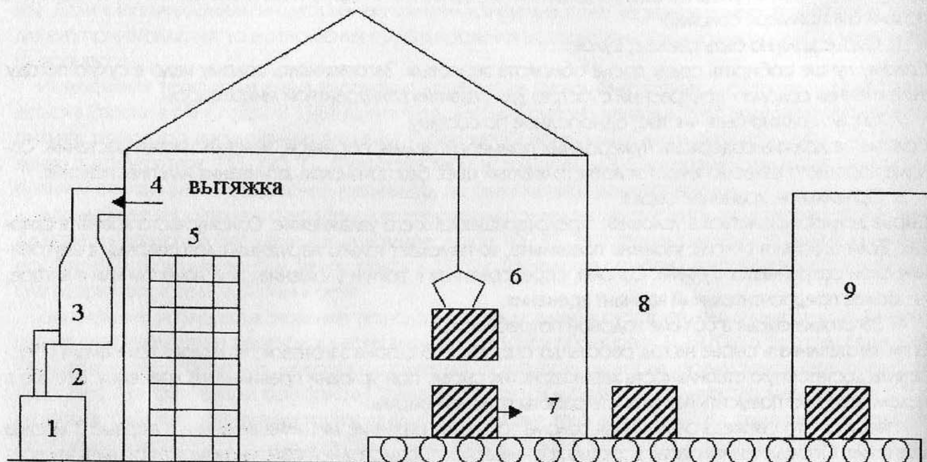
Экологическая чистота сырья - необходимое условие для получения экологически чистой продукции - грибов. Мицелий грибов обладает свойством накапливать некоторые тяжелые металлы, особенно цинк и кадмий. Отдельные виды сырья могут содержать повышенное количество этих элементов, например, отходы типографий. Грибы, выращенные на субстрате, содержащем такие компоненты, уже не будут экологически чистыми, а могут стать и опасными для здоровья человека. По некоторым данным, применение пестицидов при выращивании пшеницы не оказывало никакого влияния на качество и величину урожая вешенки. Тем не менее, при выборе места заготовки сырья учитывают не только его экологическую чистоту (зараженность тяжелыми металлами, радионуклеидами), но и интенсивность обработок растений пестицидами!

## 1.2. Складирование сырья.

Сырье складируют в сухом, вентилируемом помещении, имеющем удобный подъезд для транспорта, площадку для разгрузки, механизацию погрузочно-разгрузочных работ, средства пожаротушения. Схема складского помещения дана на рис. 1 (Европейский проект).

Рисунок 1.

**Оборудование склада сырья.**




1. Контейнер для отходов.
2. Шнек разгрузки силоса.
3. Силосная башня для сырой пыли от соломы.
4. Вытяжной осевой вентилятор с увлажнителем.
5. Тюки соломы (15 кг, 25 кг, 100 кг, 200 кг).
6. Подъемник.
7. Роликовый конвейер.
8. Закрытая соединительная галерея.
9. Цех подготовки субстрата.

Во время загрузки и установки тюков в помещении поддерживается пониженное давление, чтобы пыль не распространялась по грибной ферме. Для складирования используют подъемные устройства. Пыль улавливается вытяжным осевым вентилятором, смачивается водой и подается в силосную башню, затем шнеком в закрытый контейнер для мусора.

## 1.3. Измельчение.

Солому зерновых и стебли различных с/х культур необходимо измельчать. Солому измельчают в различного рода соломорезках, измельчителях грубых кормов, измельчителях растительного материала, молотковых дробилках. Получают при этом различные фракции соломы: 50-100 мм; 30-50 мм; 20-30 мм; 10-20 мм. Чем меньше фракция, тем плотнее и равномернее можно сформировать блок субстрата и тем меньше усилий нужно на его формирование. Солома должна быть не только нарезана на кусочки, но и расплющена, что достигается при использовании молотковых дробилок. Обработанная таким образом солома лучше увлажняется, так как наружный восковой слой соломины повреждается.

Неизмельченная или крупнонарезанная солома плохо уплотняется, из-за этого в мешках создаются воздушные полости, где в период плодообразования формируются зачатки грибов и погибают, если не разрезать пленку. Слабое уплотнение субстрата (менее 0,35-0,40 кг/л) приводит к значительному уменьшению объема блока после периода инкубации или 1-ой волны плодоношения. Пленка отстает от субстрата по всему объему блока. В такой ситуации необходимо либо снимать пленку целиком, либо делать новую формовку субстрата, обеспечивая хорошее натяжение пленки по блоку субстрата.



Таким образом, степень измельчения растительного материала влияет на плотность субстрата, на ход плодоношения, качество грибов, а также выход урожая с одной емкости. Слишком мелкие частицы (менее 3 мм) создают трудности с газообменом, так как при формировании блока возможно переуплотнение. Для создания оптимальной структуры мелкую фракцию смешивают с крупными частицами (10-30 мм). Во время измельчения образуется много пыли, состоящей из мельчайших частиц субстрата и спор микроорганизмов. Для предотвращения распространения пыли помещение, где проводят измельчение, изолируют от внешней среды и от других помещений фермы. Желательно поддерживать в этом помещении пониженное давление, за счет работы вытяжного вентилятора, который собирает пыль в силосное устройство. Более простой вариант - это использование брезентового полога, который ограничивает распространение пыли. Очень удобны измельчители с пневматическим транспортером, подающим измельченный шрот непосредственно в устройство термообработки.

Таблица 1

**Общие требования**

| Показатели | Характеристика |
|---|---|
| Требование к помещению | Отдельное, закрытое, примыкает к подготовительному цеху. Вентиляция вытяжная, пыль собирается в мокрый силос. Давление пониженное. Помещение сухое, с гладкой отделкой. |
| Оборудование | Измельчитель. Вытяжной вентилятор с мокрым силосом. |
| Безопасность | Средства пожаротушения. |
| Территория | Поддерживается в чистоте. |

Таблица 2

**Различные способы увлажнения сырья**

| Варианты | Характеристика |
|---|---|
| Дождевание | 2-4 дня в плоской куче с периодическим орошением |
| Замачивание в хол. воде | 1-3 дня в ваннах (защелачивание воды известью ускоряет процесс). |
| Замачивание в гор. воде | 1-4 часа в ваннах и смесителях. |

## 1.4. Смешивание

Если субстрат состоит из нескольких компонентов или применяют минеральные и питательные добавки, то возникает необходимость в равномерном перемешивании. Минеральные и питательные добавки подвергают такой же термической обработке, как субстрат. Если компоненты добавляют после термической обработки субстрата, то их пастеризуют отдельно.

Для смешивания используют различные механизмы: смесители, бетономешалки, кормораздатчики. В системах с перемешиванием (смесители-запарники) получают равномерное распределение всех компонентов. В системах без перемешивания (контейнеры, тоннели) компоненты смешивают до загрузки или укладывают их слоями во время загрузки.

Компоненты, применяемые в небольшом количестве (минеральные, питательные добавки), удобно вносить во время инокуляции вместе с мицелием, однако они должны быть предварительно термически обработаны.

В технологической цепочке операция смешивания выглядит следующим образом:

1. Пастеризация соломы (Франция)
   - соломенную сечку замачивают на 2-3 дня;

- после стекания воды солому смешивают с 10% гипса и 3% муки из птичьего пера. Тщательно перемешивают в шнековом смесителе;
- пастеризуют субстрат при +60°С 24 часа в аэробных условиях.

2. Ксеротермическая обработка соломы (Венгрия)
- соломенную сечку тщательно перемешивают с 10% сена бобовых трав в шнековом смесителе и загружают в тоннель;
- обрабатывают паром сухой субстрат при 100°С - 1,5 часа;
- увлажняют субстрат питьевой водой в шнековом смесителе, добавляя расчетное количество воды.

3. Гидротермическая обработка (Россия)
- соломенную сечку загружают в контейнер;
- заливают водой с 0,5-1,0% извести;
- обрабатывают при температуре воды 60-70°С (2-12 часов);
- сливают воду, охлаждают и смешивают с посевным мицелием и питательными добавками (обработанными термически отдельно).

### 1.5. Увлажнение

Увлажнение субстрата должно обеспечивать необходимый запас влаги на весь период культивирования (обычно 2-3 волны плодоношения). Для субстрата, упакованного в полиэтиленовую пленку, с перфорацией, занимающей не более 5% всей поверхности, оптимальная влажность составляет 65-70%. Водопоглощение различных видов растительного сырья существенно отличается. Растительные субстраты, не имеющие воскового налета, легко смачиваются водой и быстро увлажняются (опилки). Субстраты, имеющие восковой или жировой слой, медленно увлажняются и требуют длительного замачивания в воде (хлопковые очесы, солома). Соломенную сечку увлажняют на площадках, поливая и периодически перемешивая в течение 1-3 дней. Хлопковые очесы проливают водой послойно во время загрузки в контейнер перед термообработкой. Ускорению процесса увлажнения способствует повышение температуры воды и перемешивание субстрата. В случае ксеротермической обработки, когда соломенную сечку в сухом состоянии обрабатывают паром, последующее увлажнение водой происходит намного быстрее, так как пар удаляет часть восковой оболочки и способствует набуханию соломины. Солому обычно смешивают с расчетным количеством воды в шнековом смесителе. Процесс увлажнения занимает не более 30 минут. В некоторых современных устройствах для увлажнения соломы используют вакуумирование. При этом происходит удаление пузырьков воздуха из соломины и очень быстрое насыщение растительных волокон водой. Процесс увлажнения сокращается до 10-15 минут. Влажность соломы достигает 75-78%. Хорошему увлажнению соломы способствует щелочная среда. Например, добавление извести сдвигает pH среды до 7,5-8,5 и облегчает увлажнение.

Очень часто получение высокого урожая вешенки ограничивается недостатком воды в субстрате. Каждый килограмм грибов выносит из субстрата 900 гр воды (содержание воды в грибах около 90%) и столько же теряется с транспирационным испарением с поверхности плодовых тел. При понижении влажности субстрата менее 40% происходит торможение транспорта питательных веществ из мицелия в плодовые тела. Субстратный блок в таком состоянии может образовать зачатки плодовых тел, но их дальнейшее развитие будет невозможным. Субстрат, закрытый п/э пленкой и полностью обросший мицелием очень трудно доувлажнять, поэтому при первоначальном увлажнении необходимо максимально насытить субстрат водой, но так, чтобы не было свободной воды. Участки субстрата, содержащие избыток свободной воды, заселяются либо анаэробными бактериями, либо конкурентными плесенями. Блок при этом становится пятнистым или полосатым в зависимости от распределения переувлажненных зон. Надо еще учитывать образование биологической воды при дыхании (до 20% от сухой массы субстрата). В высоких, цилиндрических мешках переувлажнение особенно проявляется в нижних зонах, где вода скапливается под действием гравитационных сил.

Если работать на 1 волне плодоношения, то влажность субстрата можно формировать на уровне 65-68%, если на 2-3 волнах - на уровне 70-72%, конечно, если это позволит влагоемкость субстрата. Во всех случаях свободная вода (вытекает при сжатии субстрата в руке) должна быть на минимальном уровне. Субстрат в п/э емкости должен сохранять небольшую остаточную влагоемкость, чтобы впитать избыточную, свободную "биологическую воду".



### 1.6. Промывка

Промывка субстрата используется для удаления загрязнений или ингибиторов роста мицелия. Например, лузга подсолнечника часто содержит мелкие частицы обмолоченных зерновок. Без промывки в лузговом субстрате во время заращивания сильно поднимается температура (более 30°С) и, как следствие, развиваются различные конкурентные плесени (мукор, триходерма). Аналогичная ситуация возникает на хлопковых очесах, которые содержат много пылевой фракции. Промывка очесов от пыли позволяет выращивать вешенку на таком субстрате даже без термической обработки.

Свежесобранная солома содержит ингибиторы роста мицелия вешенки, которые разрушаются только через 3-4 месяца хранения. При замачивании соломы в воде ингибиторы вымываются, и урожай грибов возрастает (табл.3). Без замачивания на соломе чаще развивается антагонистичная вешенке микрофлора (конкурентные плесени). Это связано с тем, что при замачивании растворимые формы сахаров переходят в раствор и удаляются с водой. Во Франции используют длительное замачивание соломенной сечки в течение 60 часов в баках при полном погружении субстрата под воду. После стекания воды солома имеет влажность 72-75%.

Температура внутри субстрата в период инкубации - один из важнейших факторов, которые необходимо контролировать. При повышении температуры выше 30°С в субстрате бурно развиваются конкурентные плесени и грибы (триходерма, мукор, навозники). При замачивании субстрат теряет легкодоступные питательные вещества, он обедняется за счет самой "опасной" питательной фракции. На замоченном субстрате повышение температуры в первые дни инкубации (термогенез) выражено значительно слабее, особенно в больших блоках массой более 15 кг.

В США, Франции, Италии применяют совмещенный вариант: увлажнение и промывка. Измельченную солому увлажняют на площадках в течение 2-3х суток и затем на сутки замачивают в воде, полностью погружая солому под слой воды.

Таблица 3

**Влияние замачивания соломы на урожай вешенки (урожайность в % от сырой массы субстрата)**

| Обработка | Солома свежая | Солома 6-месячная |
|---|---|---|
| Увлажнение* | 5,3 | 15,8 |
| Увлажнение+замачивание** | 10,1 | 15,5 |

* Полив соломы на площадке 2-3 дня

** Замачивание на 48-60 часов в воде

## 2. Термическая обработка

### 2.1. Способы обработки субстрата

Существует несколько основных способов термической обработки субстратов для выращивания вешенки: стерилизация, пастеризация, гидротермическая обработка, ксеротермическая обработка, ферментация. Стерилизация может быть жесткой (давление пара 1-2 атмосферы и температура 120-130°С) и мягкой (атмосферное давление и температура 100°С). При стерилизации уничтожаются все микроорганизмы в вегетативной и даже споровой форме. Менее жесткая обработка - это пастеризация. Классическая пастеризация - это обработка паром увлажненного субстрата. При пастеризации жизнедеятельность микроорганизмов приостанавливается, но споры бактерий и некоторых грибов выживают. Пастеризация может быть мягкой (60-65°С), умеренной (70-80°С) и жесткой (90-100°С). Гидротермическая обработка - это вариант пастеризации, когда субстрат погружают в горячую воду. Ксеротермическая обработка - это термообработка паром сухого субстрата с дальнейшим увлажнением чистой водой. Ферментация - это самая мягкая термическая обработка, предназначенная для накопления полезной термофильной микрофлоры, антагонистичной конкурентным плесеням. Кроме термической обработки субстрат иногда подвергают воздействию жесткой радиации (физическая обработка), химических препаратов (химическая обработка) или микробиологических препаратов (микробиологическая обработка) (табл. 4).

Таблица 4

**Способы обработки субстрата**

| Обработка | Варианты | Температура (°C) | Экспозиция (час) |
|---|---|---|---|
| Термическая | жесткая | 110-130 | 1-4 |
| Стерилизация | мягкая | 100 | 8-16 |
| Пастеризация | Ксеротермическая (сухая) | 100 | 1-4 |
| | Гидротермическая (водная) | 60-100 | 1-24 |
| | Пастеризация влажного субстрата | 60-100 | 1-24 |
| Ферментация | Аэробная, анаэробная | 45-55 | 24-48 |
| Физическая | Стерилизация радиационная | - | 0,1-0,5 |
| Химическая | Химические препараты | - | 1-24 |
| Биологическая | Препараты термофильных организмов, дрожжи, естественная микрофлора | 25-50 | 24-120 |

В практике наибольшее распространение получили термические методы обработки субстрата и, в частности, пастеризация. В некоторых случаях, когда однократная обработка не дает желаемых результатов, применяют дробную термическую обработку (стерилизация или пастеризация) с перерывом между обработками до 16-24 часов.

## 2.2. Влияние термообработки на химический состав и микрофлору субстратов.

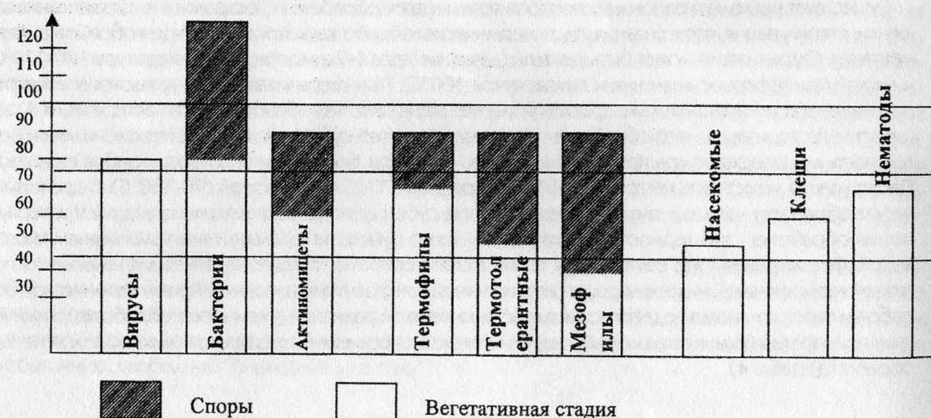
Термообработка субстрата выполняет несколько задач:

- уничтожение конкурентных и паразитических микроорганизмов и вредителей;
- создание условий для колонизации субстрата мицелием вешенки;
- стимулирование развития полезной термофильной микрофлоры, повышение селективности субстрата (при мягкой обработке);
- частичная термическая деструкция лигноцеллюлозного комплекса, облегчающая ферментативный гидролиз субстрата мицелием вешенки.

В зависимости от уровня воздействия термообработки уничтожаются различные группы организмов (рис. 2). В первую очередь, погибают нематоды, клещи, насекомые, затем вегетативные формы микроорганизмов. Относительно термостойки вирусы и споровые формы грибов.

Рисунок 2.

**Выживаемость организмов субстрата при различное термообработке.**






Наибольшую термостойкость проявляют споры бактерий, которые выдерживают обработку при 100°C и погибают только при жесткой стерилизации паром под давлением при температуре 120-130°C (табл. 5). Результат термической обработки зависит от времени воздействия высокой температуры или экспозиции (табл. 6). Чем длительнее обработка, тем сильнее эффект.

Таблица 5

**Влияние способов обработки на микрофлору субстрата**

| Обработка | Темп. режим | Эндоспоры бактерий | Споры грибов | Вегетативные формы |
|---|---|---|---|---|
| Стерилизация жесткая | 120 - 130° | - | - | - |
| Стерилизация мягкая | 100° | + | - | - |
| Пастеризация | 70 - 90° | + | +/- | - |
| Пастеризация - ферментация | 60 - 65° | + | +/- | +(накопление термофилов) |
| Ферментация | 45 - 55° | + | + | +(накопление термофилов) |

\+ - выживают - - погибают +/- - выживают частично

Таблица 6

**Термическая устойчивость микроорганизмов**

| Группа | Летально для $10^6$ клеток |
|---|---|
| Дрожжи, плесени бактерий (неспоровые) | 80°C 10 мин |
| Спорообразующие бактерии | 110°C 30 мин<br>120°C 5 мин |
| Термостойкие спорообразующие бактерии | 120°C 45 мин |

Количество выживших микроорганизмов зависит как от экспозиции, так и от начального их уровня. Чем выше инфицированность исходного сырья, тем больше вероятность выживания конкурентных организмов после термообработки (рис. 3).

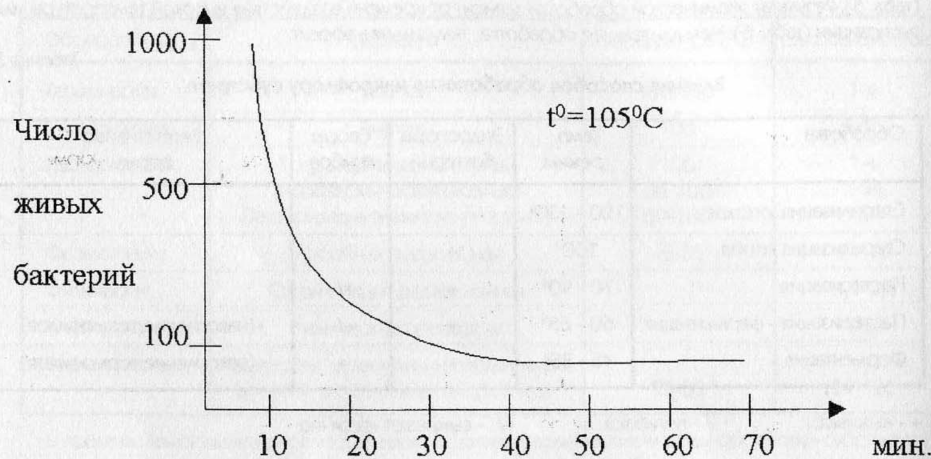
Для повышения эффективности термообработки применяют дробную стерилизацию или пастеризацию. Первая обработка уничтожает все вегетативные формы и термочувствительные споры. После обработки субстрат оставляют на сутки остывать. В этот период термостойкие споры начинают прорастать, так как их прорастание стимулируется сильным термическим воздействием. Повторная термическая обработка эффективно уничтожает проросшие споры. В случае дробной обработки суммарную экспозицию субстрата при температуре несколько уменьшают.

Мягкая термообработка или ферментация при 45-55°C способствуют накоплению в увлажненном субстрате полезной термофильной микрофлоры, большей частью бактерий рода Bacillus. При благоприятных условиях за 24 часа количество бактерий увеличивается в 100-300 тысяч раз, что обеспечивает высокий уровень селективности субстрата. Хорошие результаты дает сочетание пастеризация при 65-70°C (уничтожение конкурентной микрофлоры и вредителей) и ферментации при 45-55°C (накопление полезной микрофлоры).

При термообработке, особенно жесткой, происходят сложные химические реакции, приводящие к частичному гидролизу растительных полисахаридов (целлюлоза, гемицеллюлоза) и деструкции лигнина. Эти изменения существенно повышают доступность лигноцеллюлозного комплекса не только для мицелия вешенки, но и для конкурентных плесеней. Кроме того, в результате термического гидролиза полисахаридов в субстрате накапливаются растворимые сахара - легкодоступное питание для конкурентной микрофлоры. Длительная жесткая термическая обработка при температуре выше 100°C приводит к образованию циклических фенольных соединений, типа фурфурола, которые токсичны для мицелия вешенки. Субстрат при этом коричневеет или "карамелизуется".

Рисунок 3

**Зависимость между температурой и экспозицией, летальной для микроорганизмов.**




## 2.3. Стерилизация

### 2.3.1. Стерильные технологии

Стерилизация - это самая жесткая термическая обработка субстрата, благодаря которой погибают все микроорганизмы и, в том числе, их споры. Субстрат полностью освобождается от конкурентных организмов, и развитие мицелия съедобных грибов проходит в наиболее благоприятных условиях. На основе стерилизации разработаны стерильные технологии культивирования многих съедобных грибов, преимущественно ксилотрофов, таких как вешенка, шиитаке, фламмулина, лаковый трутовик и т.п. Стерильные технологии культивирования широко применяются в странах Юго-Восточной Азии, где разработаны полностью автоматизированные "заводы" по выращиванию фламмулины, гипсицигуса и других деликатесных ксилотрофных грибов. Используются и более простые схемы, рассчитанные на ручной труд. Субстрат стерилизуют при повышенном давлении в автоклавах (жесткая стерилизация) или при атмосферном давлении в металлических контейнерах (мягкая стерилизация). Размеры субстратных блоков для стерильной технологии обычно небольшие, масса их находится в пределах 1-4 кг. Инокуляцию субстрата проводят в стерильных условиях. Заращивание или инкубацию субстрата ведут в нестерильных условиях в термостатируемых помещениях. При этом емкости обеспечивают сохранение стерильных условий в субстрате. В период плодоношения емкости открывают и проводят культивирование в таких же условиях, как при нестерильных технологиях. По стерильной технологии можно выращивать все виды вешенки, но особенно требовательны к условиям стерильности сорта и виды вешенки, чувствительные к бактериальным метаболитам, например, вешенка абалоне (Pleurotus cystidiosus).

Стерильные технологии достаточно дороги по затратам, но зато могут дать возможность работать на очень богатых субстратах (содержание азота 2-4%) и получать урожай до 40-50% от сырой массы субстрата. На площади в 100 кв.м. можно разместить все стерильное производство, которое будет давать до 2 тонн грибов за цикл (2 месяца). Кроме того, стерильное производство можно достаточно легко переориентировать на приготовление субстратного мицелия вешенки (на опилках, лузге или соломе). Стерильная технология достаточно универсальна и позволяет выращивать многие виды съедобных ксилотрофных грибов, в том числе и лечебных (шиитаке, лаковый трутовик и др.).

Основные характеристики процесса стерилизации даны в табл. 7.



Таблица 7

**Характеристика процесса стерилизации субстрата**

| Параметры | Стерилизация | |
|---|---|---|
| | жесткая | мягкая |
| Давление | 1-2 атм. | Атмосферное |
| Температура | 110-130 °С | 100 °С |
| Время обработки | 1-4 часа | 8-16 часов |
| Термический гидролиз | Выраженный, образуются растворимые сахара, происходит делигнификация целлюлозы | |
| Селективность субстрата | Полностью теряется | |
| Микрофлора | Погибают все организмы в вегетативной фазе и споры грибов и бактерий | |
| Экзогенная защита | Применение беномила неэффективно | |
| Мицелий | Стерильная фасовка | |
| Емкости для субстрата | Термостойкие пакеты, банки, бутыли с микропористыми фильтрами | |
| Влажность субстрата | Не более 70% (60-65%) | |
| Условия инокуляции | Стерильный бокс, ламинарный шкаф | |
| Масса субстратного блока | 1-4 кг | |

### 2.3.2. Жесткая стерилизация

Жесткая стерилизация или стерилизация под давлением проводится в специальных устройствах - автоклавах или стерилизаторах. Используют различные варианты электрических автоклавов, например вертикальные (ВК-75), горизонтальные (ГК - 100) или проходные (ГПД - 400, ГПД-560 и т.п.). Паровые стерилизаторы работают от внешнего источника - пара парового котла или сетевого пара. Наиболее удачный, с точки зрения защиты от инфицирования, вариант проходного автоклава или стерилизатора. В этом случае загрузку емкостей с субстратом ведут с грязной подготовительной зоны, а выгрузку производят в чистую зону. Чистая зона обычно держится под избыточным давлением фильтрованного воздуха (фильтры грубой и тонкой очистки). Жесткая стерилизация широко используется для производства посевного мицелия съедобных грибов. Общие принципы стерильных работ практически одинаковы при подготовке стерильного субстрата для плодоношения и зернового носителя для посевного мицелия. Отличие заключается в том, что для мицелия используют более богатые среды (зерно злаков) и поэтому требования к стерильности существенно выше. Выращивание вешенки по стерильной технологии довольно широко практикуется в странах Юго-Восточной Азии. Субстрат стерилизуют при культивировании некоторых слабоконкурентных видов вешенки, например, вешенки "абалоне" Pleurotus cystidiosus. Масса субстратных блоков невелика и составляет 1-3 кг (табл. 8).

Таблица 8

**Культивирование вешенки "абалоне" Pleurotus cystidiosus**

| Параметры | Характеристика |
|---|---|
| Композиция субстрата | Опилки лиственные - 80г, очесы хлопка - 20 г, отруби риса - 15 г, мел - 5 г |
| Влажность субстрата | 60-65% |
| Емкость для субстрата | Полипропиленовые мешки с кольцом и ватной пробкой |
| Масса блока | 1-3 кг |
| Режим стерилизации | 1,1-1,5 атм. 1-2 часа |
| Инокуляция | В стерильном боксе или ламинарном шкафу |
| Инкубация | В чистом термостатируемом помещении при 24-26°С |
| Плодоношение | В теплицах, на стеллажах при 24-30°С. |

Пакеты открывают с одной или двух сторон или снимают совсем.

Рассмотрим основные этапы стерильной обработки:

**1. Приготовление субстратной смеси (композиции)**

Для древесных отходов (опилки, щепа, кора) стерилизация - самый подходящий метод обработки. Используют преимущественно древесные опилки лиственных пород и некоторых хвойных (сосна, кедр) в смеси с питательными (отруби, зерно, мука семян бобовых и т.п.) и минеральными (мел, гипс, известь) добавками.

**2. Увлажнение субстрата**

После тщательного перемешивания компонентов субстрат увлажняют водой, но так чтобы не было излишков свободной воды. При сжимании в руке вода не должна вытекать из субстрата.
Так как инкубация субстрата проходит в закрытой емкости и испарение воды минимально, то оптимальный уровень влажности субстрата составляет 60-65%. Избыток воды очень часто приводит к развитию бактериальной инфекции.

**3. Фасовка**

Увлажненный субстрат сразу фасуют в термостойкие емкости: банки или полипропиленовые пакеты. Если увлажненную смесь оставить на длительное время (12-24 часа), то в субстрате начнется развитие конкурентной микрофлоры, что может сильно осложнить затем процесс стерилизации. Стеклянные банки (2-3л) заполняют субстратом полностью до горлышка. Затем колышком делают в субстрате канал диаметром 25-30 мм до дна банки. Плотность субстрата получается в пределах 0,4-0,6. Банки закрывают термостойкими крышками (полипропиленовые, резиновые) с фильтром воздуха (отверстия для воздухообмена). Полипропиленовые пакеты бывают двух типов: 1) с вклеенным микропористым фильтром и 2) без фильтра. Пакеты заполняют субстратом на 2/3 объема. Субстрат не уплотняют, а только придают блоку нужную форму. Самоуплотнение субстрата происходит во время инкубации. Однако, если используют узкие цилиндрические мешки, то можно уплотнять субстрат руками или механическим прессом. Верх пакета продевают через кольцо из термостойкого материала (диаметр 30-50 мм) и закрывают ватной пробкой. У пакетов с фильтром верх мешка завертывают несколько раз и для надежности закрепляют прищепкой.

**4. Размещение емкостей**

Емкости с субстратом располагают в стерилизаторе не вплотную, а на небольшом расстоянии друг от друга ярусами на решетках так, чтобы воздух мог циркулировать между ними. Такое расположение обеспечит равномерное распределение пара и нагрев субстрата и существенно снизит время стерилизации. Если емкости уложить вплотную, то стерилизоваться будет не отдельная емкость массой 1-3 кг, а вся партия субстрата массой 50-100 и более кг. Для разогрева такой массы нужно намного больше времени. Емкости, находящиеся по краям, простерилизуются нормально, а находящиеся в центре будут недостерилизованы. Придется значительно увеличивать время стерилизации, а это может отрицательно сказаться на качестве субстрата.

**5. Продувка**

После загрузки автоклава самое важное значение приобретает характер перераспределения холодного воздуха камеры при запуске в нее пара. Если нет хорошей продувки камеры, то оставшийся холодный воздух может создать ложное впечатление избыточного давления пара. Поэтому очень хорошо иметь температурный датчик в камере автоклава. При давлении 1,5 атмосферы температура в камере должна достигнуть 121°С. Взаимосвязь температуры и давления подчиняется закону Бойля, но только если воздух в камере нагрет равномерно. Датчики позволяют контролировать температуру и в камере, и в субстрате. На самом деле отсчет времени начала стерилизации надо начинать, когда разница в температуре воздуха и субстрата не будет превышать 10°С. Температура субстрата достигает температуры воздуха камеры только через 1-2 часа! При увеличении массы блока выравнивание температуры еще более замедляется. Таким образом, хорошая продувка перед стерилизацией является важным и необходимым техническим приемом.

**6. Режим стерилизации**

Для полной стерилизации твердых сред достаточно обрабатывать их при температуре 120-125°С и давлении 1,5-2,0 атмосферы в течение 1-3 часов в зависимости от объема стерилизатора и массы емкости субстрата. Чем больше стерилизатор и масса субстратного блока, тем продолжительнее обработка. Время обработки приходится увеличивать также с увеличением питательности субстрата или повышенной инфицированностью сырья. Минимальное время обработки 1 час (для маленьких блоков), максимальное 3-4 часа. Более длительная обработка приводит к перестерилизации. В этом случае опилки становятся темно-коричневыми, меняется их запах. Субстрат становится токсичным по отношению к мицелию вешенки. Продолжительная стерилизация вызывает сложные химические реакции превращения растительных терпенов в летучие масла и токсичные продукты типа фурфурола.



**7. Охлаждение**

Когда автоклав отключают, то давление и температура в камере начинают медленно снижаться. В идеале при этом в камере должен образоваться вакуум. Если автоклав не держит вакуум, то при остывании он засасывает холодный наружный воздух, который надо фильтровать. Автоклав, имеющий размах давления от +2 атм. до -2 атм. (вакуум) обеспечивает хорошее качество стерилизации, так как при таком перепаде давления (4 атм.) биологические структуры более активно разрушаются. Прежде чем открывают автоклав, выравнивают давление, впуская наружный воздух в камеру через ватный фильтр. Помещение автоклавной должно быть чистым для предотвращения инфицирования стерильных емкостей (когда нет проходного автоклава).

**8. Выгрузка**

Открывают люк стерилизатора. Субстрат в емкостях еще горячий. Если автоклав проходной, можно подождать до момента, когда субстрат остынет и выгружать его в чистую зону. Если автоклав не проходной и его выгрузка ведется в грязной зоне, то лучше выгрузить субстрат горячим и поместить его для остывания в стерильный бокс под УФ-лампами. Помещение автоклавной должно быть по возможности чистым. Субстрат иногда оставляют остывать в автоклаве (на ночь). В этом случае воздух в автоклав должен поступать через ватный фильтр.

**9. Инокуляция**

Инокуляцию субстрата проводят в стерильном боксе с соблюдением правил стерильной работы. Лица, работающие в стерильной зоне, не должны быть использованы перед этим на грязных работах. При работе в боксе одевают стерильный белый халат, шапочку, марлевую маску. Ежедневно проводят дезинфекцию рабочего стола в боксе и инструментов. Помещение бокса дезинфицируют перекисью водорода (3-6% р-р) или гипохлоритом натрия (2-5%р-р), или облучением УФ-лампами. Контроль чистоты воздуха в стерильной зоне проводят один раз в неделю, в нестерильной зоне - раз в месяц (седиментация колонеобразующих частиц на питательной агаровой среде в чашках Петри). Хорошие стерильные условия создаются в рабочей зоне ламинарных шкафов за счет тонкой очистки воздуха через фильтры НЕРА или ткань Петрянова.

На стерильном субстрате в отсутствии конкурентов развитие мицелия вешенки идет быстро, и это позволяет снизить норму посевного мицелия с 5% до 1-2% от сырой массы субстрата. Мицелий должен быть в стерильной упаковке, неперетаренный. Мицелий либо рассыпают по поверхности субстрата (поверхностная инокуляция), либо засыпают в канал (глубинная инокуляция). После инокуляции емкости переносят в чистое термостатируемое инкубационное помещение.

По стерильной технологии получают неплохие результаты на древесных субстратах, обогащенных азотными питательными добавками. В этом случае урожайность вешенки достигает уровня 100% от сухой массы субстрата (табл. 9)

Таблица 9

**Урожайность вешенки на стерилизованных опилках. (биологическая эффективность, %)**

| Субстрат | Штамм | | |
|---|---|---|---|
| | Львовский | НК-35 | Р-77 |
| Лузга подсолнечника (контроль)* | 122 | 94 | 92 |
| Опилки березы** | 120 | 98 | 141 |
| Опилки сосны** | 95 | 99 | 62 |
| Опилки липы** | 104 | 91 | 72 |
| Опилки кедра** | 90 | 68 | 68 |

Состав субстрата:
* лузга - 97%, гипс - 3%;
** опилки - 82%, гипс - 3%, отходы кунжута - 15% (питательная добавка).

**8. Инокуляция**

Субстрат инокулируют стерильным зерновым мицелием, быстро насыпая его в канал и немного распределяя с поверхности субстрата. Норма посева 1-2% мицелия. Субстратный мицелий размельчают металлическим стерильным крючком или пинцетом и определенную порцию заталкивают в канал. Расход субстратного мицелия до 5-7%. За 1 час два человека могут засеять до 100 банок с субстратом. Многие сорта и штаммы вешенки, потерявшие способность расти на нестерильном субстрате (низкая конкурентоспособность), отлично развиваются и дают высокий урожай на стерильном субстрате.

Стерильная технология позволяет использовать высокопитательные среды на основе отходов мукомольного, пивного, кондитерского и других производств. При достижении урожайности на уровне 40-50% от массы субстрата даже баночная технология становится высокорентабельной. Недостаток баночной технологии состоит в том, что стеклянные банки бьются и их трудно мыть после окончания цикла. Сейчас делаются попытки производства пластиковой разборной емкости, которая снимет эти недостатки. Кроме того, остается вариант использования одноразового термостойкого полипропиленового пакета или пакета из полиэтилена высокого давления (выдерживает температуру выше 110°С).

**2.4. Пастеризация.**

В отличие от стерилизации пастеризация обеспечивает гибель преимущественно вегетативных форм микроорганизмов. Споры многих микроорганизмов, особенно термофильных, остаются живыми и при наступлении благоприятных условий прорастают. Таким образом, пастеризация на некоторое время делает субстрат свободным от вредителей и конкурентных микроорганизмов, что обеспечивает благоприятные условия для развития мицелия вешенки. После пастеризации жизнедеятельность микроорганизмов приостанавливается, они не выделяют токсичные для мицелия вешенки метаболиты. Однако довольно быстро микрофлора субстрата начинает восстанавливаться. В первую очередь, восстанавливается бактериальная микрофлора, позднее начинают прорастать споры грибов и, в том числе, конкурентных плесеней. При соблюдении санитарно-гигиенических правил и качественной, равномерной пастеризации субстрат может сохраняться “чистым” в течение 7-10 дней. Селективность субстрата повышается при проведении мягкой пастеризации (60-65°С) за счет размножения полезной термофильной бактериальной микрофлоры.

**2.4.1. Нестерильные технологии.**

На основе пастеризации были разработаны различные варианты нестерильных технологий, где все этапы технологической цепочки проводятся в нестерильных, но по возможности, чистых условиях. Пастеризация субстрата осуществляется в различных вариантах:

1. Классическая пастеризация (обработка паром увлажненного субстрата).
2. Гидротермическая обработка (обработка субстрата в горячей воде).
3. Ксеротермическая обработка (обработка паром сухого субстрата с последующим увлажнением водой).

Нестерильные технологии получили широкое распространение при выращивании быстрорастущих, конкурентоспособных штаммов и видов вешенки, как в небольших объемах, так и в крупных механизированных грибоводческих фермах.

Рассмотрим подробно отдельные варианты пастеризации.

**2.4.2. Обработка увлажненного субстрата или классическая пастеризация.**

Субстрат увлажняют до уровня 65-72% влажности и обрабатывают паром при температуре 60-100°С. Длительность пастеризации зависит от температуры обработки и от типа субстрата. При высокой температуре время термообработки небольшое (1-3 часа), при понижении температуры обработки экспозиция удлиняется до 8-12 часов при 70-80°С и 16-24 часов при 60-65°С (рис. 5). Для обеспечения нормального развития мицелия вешенки древесный субстрат пастеризуют в 2-3 раза дольше, чем соломистый или другой быстроразлагаемый субстрат (рис. 6). Оптимальное время пастеризации для каждого типа субстрата существенно различается. Для соломистого субстрата это 24-48 часов при 60°, а для древесных опилок 96-120 часов (рис. 7). Такие различия обусловлены как особенностями химического состава субстрата, так и его физическими свойствами.



Рисунок 5

**Длительность пастеризации при различной температуре обработки**

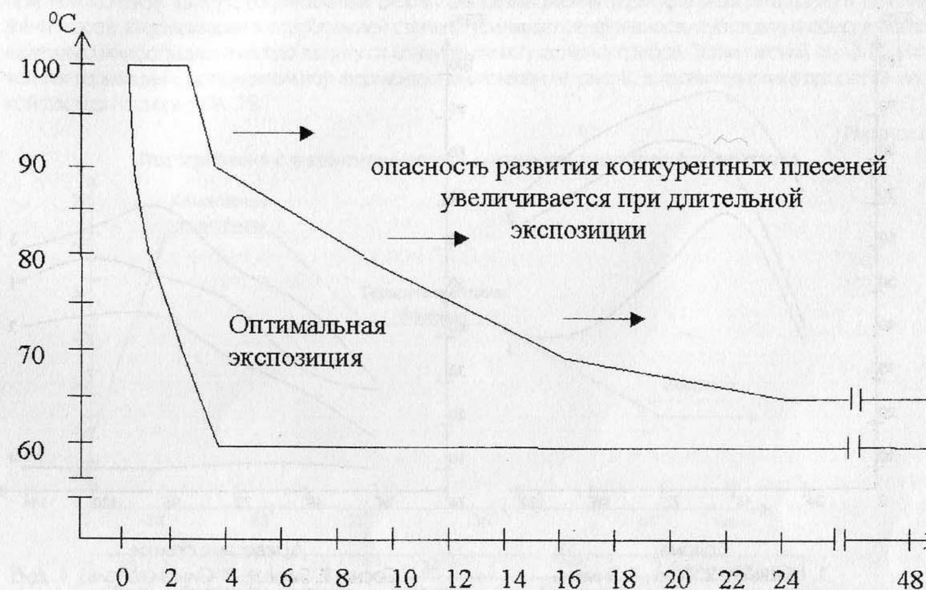



Рисунок 6

**Рост мицелия вешенки на различных субстратах в зависимости от продолжительности термообработки.**

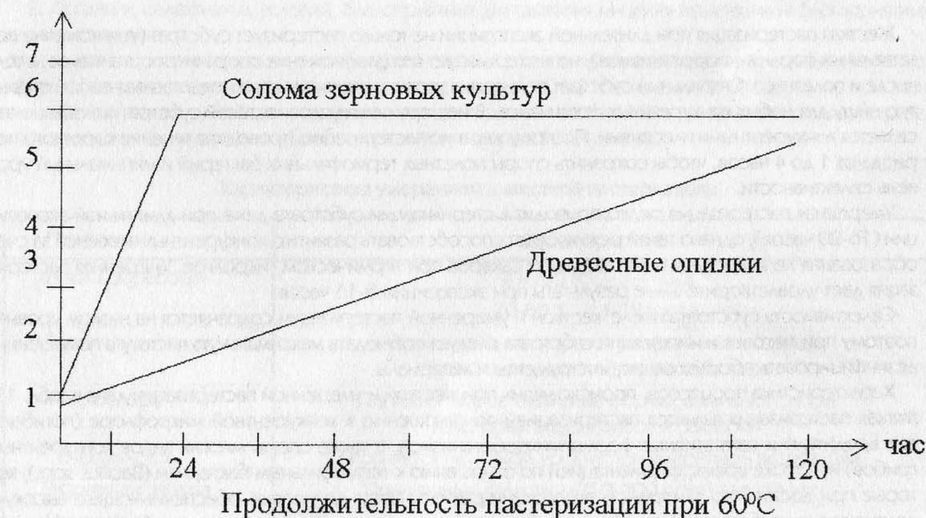
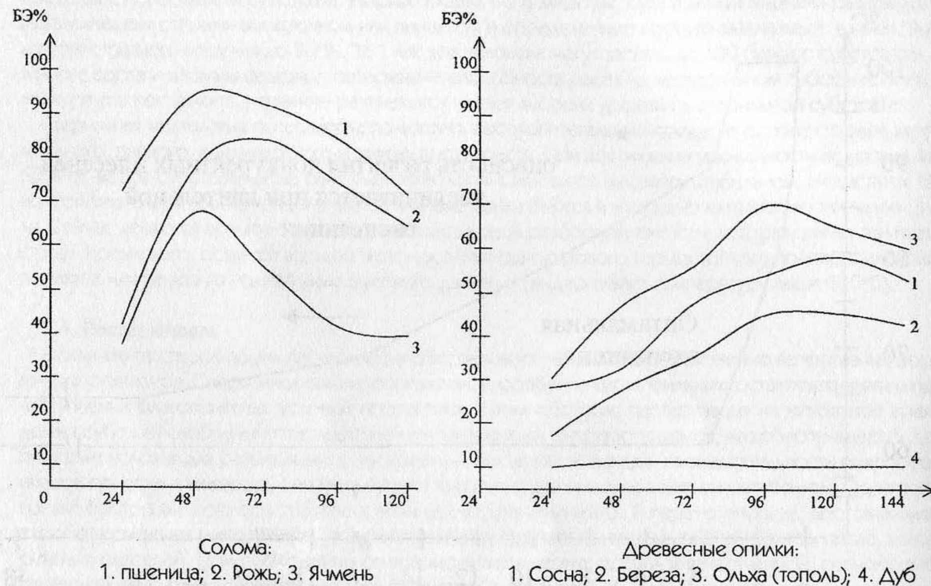


Рисунок 7

**Влияние продолжительности пастеризации (+60 0С) субстрата на урожайность вешенки**




Солома:
1. пшеница; 2. Рожь; 3. Ячмень

Древесные опилки:
1. Сосна; 2. Береза; 3. Ольха (тополь); 4. Дуб

БЭ% - выход грибов по отношению к сухой массе субстрата, %

Различают несколько уровней пастеризации субстрата:

1. Жесткая пастеризация при температуре 90-100°С.
2. Умеренная пастеризация при температуре 70-80°С.
3. Мягкая пастеризация при температуре 60-65°С.

Жесткая пастеризация при длительной экспозиции не только пастеризует субстрат (уничтожение вегетативных форм микроорганизмов), но и стерилизует его (уничтожение спор микроорганизмов, в том числе и полезных). Стерильный субстрат полностью теряет селективность и представляет собой открытую нишу для любых конкурентных организмов. В нестерильных условиях такой субстрат мгновенно заселяется конкурентными плесенями. Поэтому жесткую пастеризацию проводят в течение короткого периода от 1 до 4 часов, чтобы сохранить споры полезных термофильных бактерий и минимальный уровень селективности.

Умеренная пастеризация редко приводит к стерилизации субстрата даже при длительной экспозиции (16-20 часов), однако такой режим будет способствовать развитию конкурентных плесеней за счет образования легкодоступных растворимых сахаров при термическом гидролизе. Умеренная пастеризация дает удовлетворительные результаты при экспозиции 6-16 часов.

Селективность субстрата после жесткой и умеренной пастеризации сохраняется на низком уровне, поэтому при фасовке и инокуляции субстрата следует соблюдать максимальную чистоту в помещении, дезинфицировать оборудование, инструменты и материалы.

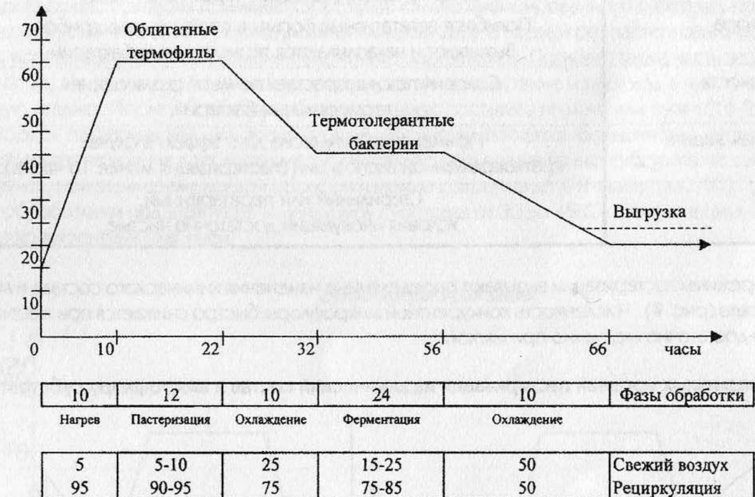
Характеристика процессов, происходящих при жесткой и умеренной пастеризации дана в табл. 11. Мягкая пастеризация является пастеризацией по отношению к конкурентной микрофлоре (погибают все вредители и вегетативные формы микроорганизмов, а также споры многих видов конкурентных грибов) и, в то же время, ферментацией по отношению к термофильным бактериям (Bacillus spp.), которые при достаточно длительной экспозиции размножаются до уровня, обеспечивающего высокую селективность субстрата. Термофильные бактерии потребляют образующиеся в субстрате легкодоступные формы соединений углерода и азота и, кроме того, образуют соединения, тормозящие рост



конкурентной микрофлоры. Мягкая пастеризация дает хороший эффект при длительной экспозиции (от 16 до 48 часов). Иногда после мягкой пастеризации проводят дополнительно ферментацию субстрата при температуре 45-55°С (оптимальный режим для размножения термофильных бактерий) в течение 24-48 часов. Ферментация в еще большей степени усиливает селективность субстрата и обеспечивает надежную микробиологическую защиту от конкурентных плесневых грибов. Термический профиль мягкой пастеризации с дополнительной ферментацией показан на рис. 8, а характеристика процесса мягкой пастеризации в табл. 12.

Рисунок 8

**Пастеризация с ферментацией или длительная аэробная ферментация**




Термическая обработка субстрата должна обеспечить достижение двух целей:

1. Уничтожение вредителей и конкурентной микрофлоры.
2. Создание селективных условий, благоприятных для развития мицелия вешенки и неблагоприятных для его конкурентов.

Длительная мягкая пастеризация в наибольшей степени обеспечивает выполнение этих задач. Конечно, можно провести кратковременную мягкую пастеризацию (60-68 °С в течение 4-10 часов), но при этом мы достигает только одной цели - уничтожение конкурентов. Чтобы повысить селективность субстрата, необходимо увеличить время обработки, как минимум, до 20-24 часов.

Таблица 11

**Характеристика умеренной и жесткой пастеризации**

| Показатели | Характеристика |
|---|---|
| Режим обработки | 90-100 °С - 1-4 часа<br>70-80 °С - 4-12 часов |
| Термический гидролиз | Выраженный, образуются растворимые сахара, происходит делигнификация субстрата |
| Микрофлора | Погибают все вегетативные формы, выживают споры некоторых видов грибов и бактерий |
| Селективность | Сохраняется на низком уровне при умеренной экспозиции. |
| Экзогенная защита | Применение фундазола (50-100 ppm) дает эффект. |
| Мицелий | Стерильный или перетаренный.<br>Условия инокуляции по возможности чистые. |

Таблица 12

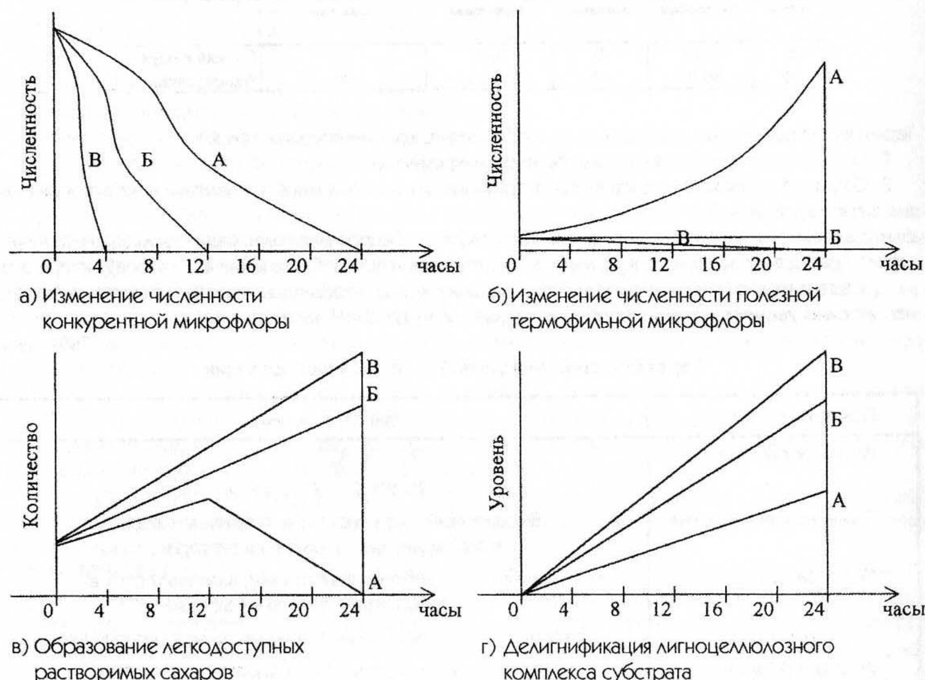
**Характеристика мягкой пастеризации**

| Показатели | Характеристика |
|---|---|
| Режим обработки | 60-65°С - 16-48 часов |
| Термический гидролиз | Происходит делигнификация субстрата, образуются растворимые сахара, которые затем утилизируются микрофлорой, (исчезают через 16-24 часа) |
| Микрофлора | Погибают вегетативные формы и споры многих грибов. Выживают и накапливаются термофильные бактерии. |
| Селективность | Сохраняется и возрастает по мере размножения термофильных бактерий. |
| Экзогенная защита | Применение фундазола дает эффект в случае кратковременной экспозиции (пастеризация менее 16 часов). |
| Мицелий | Стерильный или перетаренный. Условия инокуляции достаточно чистые. |

Различные режимы пастеризации вызывают определенные изменения химического состава и микрофлоры субстрата (рис. 9). Численность конкурентной микрофлоры быстро снижается при жесткой пастеризации и достаточно медленно при мягкой.

Рисунок 9

**Влияние различных уровней пастеризации на химический состав и микрофлору субстратов**




**Обозначения:**

А - мягкая 60-65 °С; Б - умеренная 70-80 °С; В - жесткая 90-100 °С

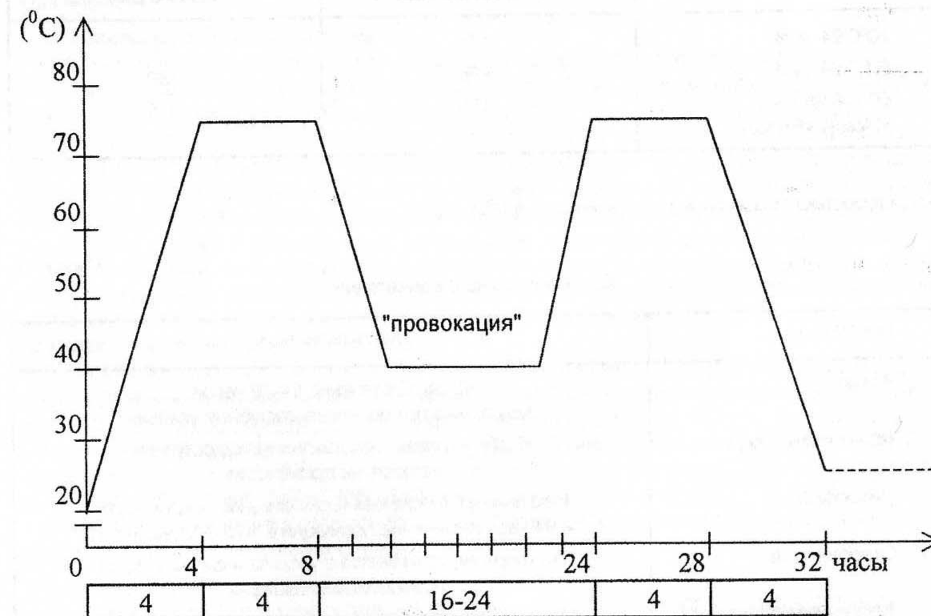


Накопление полезной бактериальной термофильной микрофлоры происходит только при мягкой пастеризации, умеренная пастеризация сохраняет исходный уровень микрофлоры, а жесткая при длительной экспозиции может привести к полной гибели термофилов и, соответственно, стерилизации субстрата. Образование легкодоступных сахаров происходит при всех режимах пастеризации, однако, при легкой пастеризации по мере развития полезной микрофлоры сахара утилизируются бактериями вплоть до полного исчезновения. Делигнификация происходит при всех термических режимах, но особенно выражена при высокотемпературной обработке. Делигнификация делает субстрат более доступным для ферментативного гидролиза и потребления мицелием вешенки, а также и некоторыми конкурентными плесенями, способными разрушать целлюлозу, например, триходермой.

Дробная пастеризация применяется в случае сильно инфицированного субстрата при высокой термической устойчивости спор конкурентной микрофлоры. В первый раз пастеризация обеспечивает гибель всех вредителей и вегетативных форм микроорганизмов. Погибает также часть термочувствительных спор, а у термоустойчивых спор стимулируется прорастание и переход в чувствительную вегетативную стадию. После обработки субстрат оставляют остывать на ночь или сутки (16-24 часа) и затем повторяют пастеризацию. Во время второй обработки погибают большинство термостойких спор. Дробная пастеризация дает хорошие результаты по обеззараживанию субстрата от конкурентных организмов, при этом время каждой обработки можно сократить до 4-8 часов (рис. 10). Лучше всего между обработками поддерживать температуру субстрата от 30 до 45°С это провоцирует прорастание спор конкурентных плесеней.

Рисунок 10

**Дробная пастеризация**




**2.4.3. Ферментация.**

Ферментация субстрата при температуре 45-55°С и подаче воздуха создает хорошие условия для размножения полезной аэробной термофильной микрофлоры преимущественно бактерий рода Bacillus. В процессе ферментации обитающие на субстрате виды термофильных и термотолерантных бактерий быстро увеличивают численность популяции (в 100-300 тысяч раз за 24 часа). Бактерии питаются легкоусвояемыми сахарами и азотистыми веществами и, таким образом, лишают питания конкурентных плесеней. Бактерии также продуцируют антибиотические вещества, препятствующие росту

плесеней, но не действующие на мицелий вешенки. При недостатке кислорода (если во время ферментации не проводится активная вентиляция субстрата) полезная микрофлора развивается существенно медленнее. Увеличение численности бактерий в 1000-5000 раз не создает достаточного уровня селективности, доступные углеводы утилизируются не полностью, и вероятность развития конкурентных плесеней остается высокой. Кроме того, при недостатке кислорода pH субстрата может сильно сместиться в кислую сторону, что также благоприятствует развитию плесеней. Субстрат, прошедший правильную пастеризацию и ферментацию, в течение 2-3 недель свободен от конкурентной микрофлоры. За это время субстрат успевает полностью обрасти мицелием вешенки и, соответственно, получает мощную защиту от конкурентов за счет антибиотических выделений вешенки. Ферментация не может заменить пастеризации, т.к. при температуре 45-55°С большая часть спор конкурентных организмов сохраняется, кроме того, при этом режиме выживают многие вредители. С другой стороны, если субстрат относительно мало инфицирован, то хорошая ферментация обеспечивает надежную защиту от конкурентов. Мягкая пастеризация с последующей ферментацией во многих случаях дает существенное повышение урожая вешенки, по сравнению с вариантом пастеризации (табл. 13).

Таблица 13

**Урожайность вешенки при различных способах обработки субстрата (кг/тонну субстрата) (Польша, 1998)**

| Обработка | Субстрат | |
|---|---|---|
| | Солома пшеницы | Солома ржи |
| 70°С 24 часа | 115 | 92 |
| 60°С 24 часа | 226 | 180 |
| 60°С 8 часов<br>50-52°С 48 часов | 320 | 275 |

Характеристика процесса ферментации дана в табл. 14.

Таблица 14

**Характеристика ферментации**

| Показатели | Характеристика |
|---|---|
| Режим | 45-55 °С в течение 24-72 часов. Желательно поддерживать аэробные условия. |
| Термический гидролиз | Слабо выражен, накопления легкодоступных веществ не происходит. |
| Микрофлора | Накапливается полезная термофильная микрофлора, за 24 часа увеличение популяции в 100-300 тысяч раз. |
| Селективность | Выраженная, усиливается с увеличением количества термофильных бактерий. |
| Экзогенная защита | Не нужна. Внутренняя микробиологическая защита от конкурентов вешенки очень сильная. |
| Мицелий | В любой форме. Условия инокуляции достаточно чистые. |



**Ферментация полуанаэробная (мягкая пастеризация с ферментацией).**

Субстрат (лузга подсолнечника) загружают в металлический контейнер 2-3 м³. Заливают водой для увлажнения. Воду подогревают до 60°С, затем сливают (подогревают паром или ТЭНами). Выдерживают субстрат при 60°С 8-12 часов (пастеризация) и оставляют остывать до 42-45° С, затем немного поднимают температуру (до 50°) и ферментируют 24 часа. Влажность субстрата во время обработки около 80%, что облегчает размножение термофильных бактерий в небольшом слое свободной, несвязанной воды. Охлаждение субстрата водой не рекомендуется, так как при этом вымывается полезная микрофлора и питательные вещества.

Другой вариант ферментации - нагрев субстрата до 55° и выдерживание в таком режиме 48-60 часов. Во всех случаях в субстрате создается хороший защитный фон из термофильных бактерий. Добавление в новую порцию субстрата 5-10% ферментированного субстрата существенно ускорит процесс размножения полезной микрофлоры.

Потери массы субстрата при описанных режимах составляют 10-15% от начального уровня. Субстрат включает несколько компонентов: лузга подсолнечника, отруби зерновых культур, минеральная добавка (мел). Композиция субстрата при ферментации может быть достаточно богата азотом и сахарами. Термофильные бактерии достаточно быстро потребят эти соединения и, таким образом, оставят конкурентную микрофлору без легкодоступного питания. На ферментированном субстрате зарастание и плодоношение наступают на несколько дней раньше, чем на просто пастеризованном. Следует однако избегать переферментации, то есть слишком длительной экспозиции субстрата. Избыток бактерий может затормозить развитие вешенки. Субстрат может потерять структурные свойства. В результате естественной сукцессии могут размножиться другие виды бактерий, менее полезные для роста мицелия вешенки.

**Ферментация полуанаэробная (водная).**

Субстрат (лузга подсолнечника, очесы хлопка, какавелла) загружают в бак объемом 2-3 м³. В баке устроено ложное сетчатое днище, под которым расположены ТЭНы. В бак заливают воду так, чтобы весь субстрат был погружен под воду. Воду нагревают до 55-60°С. Термодатчик поддерживает постоянную температуру, отключая ТЭНы при достижении 60°С и включая их при достижении 55°С. Ферментация длится 48 часов. Охлаждение идет пассивно в течение 24 часов. Окончательно субстрат охлаждается порциями на рабочих столах для фасовки. При длительной ферментации в воду можно добавлять немного мочевины (0,1%), если в субстрате мало азота. Мочевина потребляется микроорганизмами и, таким образом, переходит в белковый азот, который для вешенки является лучшим источником азота.

Энергозатраты для описанного режима достаточно небольшие, особенно для варианта с утепленным металлическим баком. Длительное пребывание в воде может привести в некоторых композициях субстрата либо к потере структурных свойств (недостаточная аэрация и слишком высокая плотность), либо к переувлажнению (влажность свыше 75%).

Если оставлять часть субстрата в качестве "закваски" термофильных бактерий для следующей новой порции, то можно существенно сократить время ферментации или увеличить количество термофильных бактерий и, соответственно, уровень микробиологической защиты.

Растворимость кислорода в воде очень небольшая, тем более при высокой температуре (60°). Поэтому ферментацию в горячей воде можно отнести к анаэробной. Как показывает практический опыт, анаэробная ферментация создает хороший уровень селективности субстрата.

За 48 часов ферментации в воде при 55-60° погибают все вредители и вегетативные формы микроорганизмов, кроме термофильных бактерий.

**2.4.4. Оборудование для пастеризации.**

Пастеризацию субстрата можно производить в емкостях (ящики, мешки, контейнеры), специальных ящиках, куда подается пар. Особенность обработки в емкостях состоит в том, что между температурой воздуха камеры и субстрата существует большая разница за счет теплоизолирующего эффекта материала емкости. Воздух или воздушно-паровая смесь не могут свободно проходить через субстрат и, поэтому выравнивание температуры воздуха и субстрата происходит слишком медленно. Если использовать такой вариант обработки, лучше выбирать длительную экспозицию при низкой температуре, например, 60-65°С в течение 24-48 часов. Пастеризационная камера должна быть хорошо теплоизолирована и иметь влаго- и паростойкую отделку. После пастеризации и охлаждения субстрат инокулируют и фасуют в п/э мешки с перфорацией.

Другой вариант обработки используется наиболее широко   это пастеризация субстрата в массе. Субстрат загружают в различного рода контейнеры большой массой и обрабатывают паром при непосредственном контакте пара и субстрата. Если контейнер хорошо утеплен, распределение пара равномерно, температура в различных частях субстрата однородна, то качественная пастеризация обеспечивается для всей массы субстрата.

Пастеризация в массе проводится в нескольких вариантах:

1. В металлических контейнерах, без перемешивания субстрата.
2. В смесителях-запарниках с постоянным или периодическим перемешиванием.
3. В тоннелях пастеризации без перемешивания, но с рециркуляцией воздушно-паровой смеси.
4. В камерах выращивания, на стеллажах.

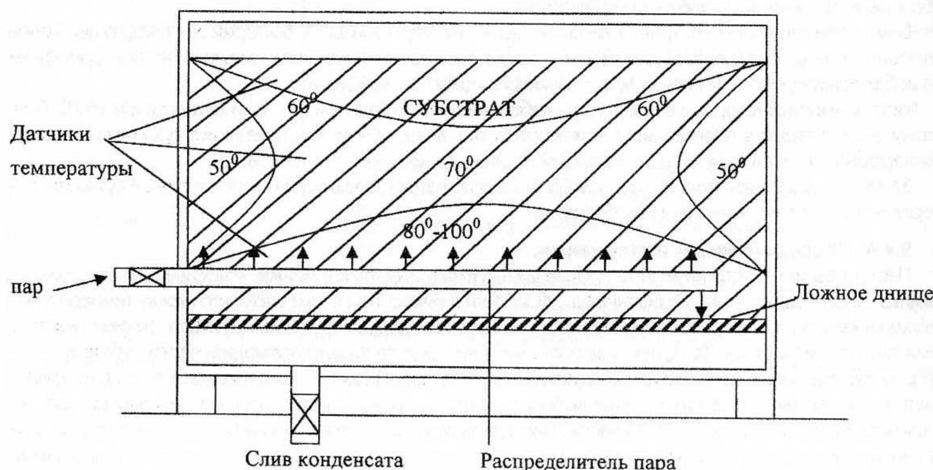
Рассмотрим подробно каждый вариант.

**2.4.4.1. Контейнеры.**

Контейнеры или металлические баки для пастеризации могут иметь различные габариты и объем загрузки. Чаще всего используют контейнеры из черного металла объемом от 1 до 4 м³ и вмещающие, соответственно, от 0,3 до 1,5 т влажного субстрата. Пар подается через распределительную систему в виде перфорированных труб, находящуюся у дна бака. В днище бака делают сливной патрубок для слива конденсата от пара. На некотором расстоянии от дна монтируют ложное решетчатое днище, на котором располагают систему распределения пара. Сверху бак закрывают крышкой. Все поверхности бака лучше утеплить для создания равномерных условий пастеризации. В неутепленном баке процесс термообработки характеризуется неоднородностью распределения температуры и, соответственно, неоднородностью качества субстрата (рис. 11). Наиболее высокая температура наблюдается непосредственно в месте выхода пара. Самые низкотемпературные зоны находятся в местах контакта субстрата и ограждающих поверхностей бака, через которые идет большая потеря тепла. Во время пастеризации необходимо контролировать температуру субстрата дистанционными термометрами, располагая их в разных местах (внизу, в середине, вверху). Чем меньше разница температуры разных участков, тем однороднее обработка и лучше качество пастеризации. Если используют магистральный пар высокого давления (>2 атм.), то в месте выхода пара субстрат может быть перестерилизован, лучше в этом случае запускать пар медленно. "Мягкий пар" низкого давления (<0,5 атм.) предпочтительнее для данной системы.

Рисунок 11

**Схема металлического контейнера для пастеризации субстрата**

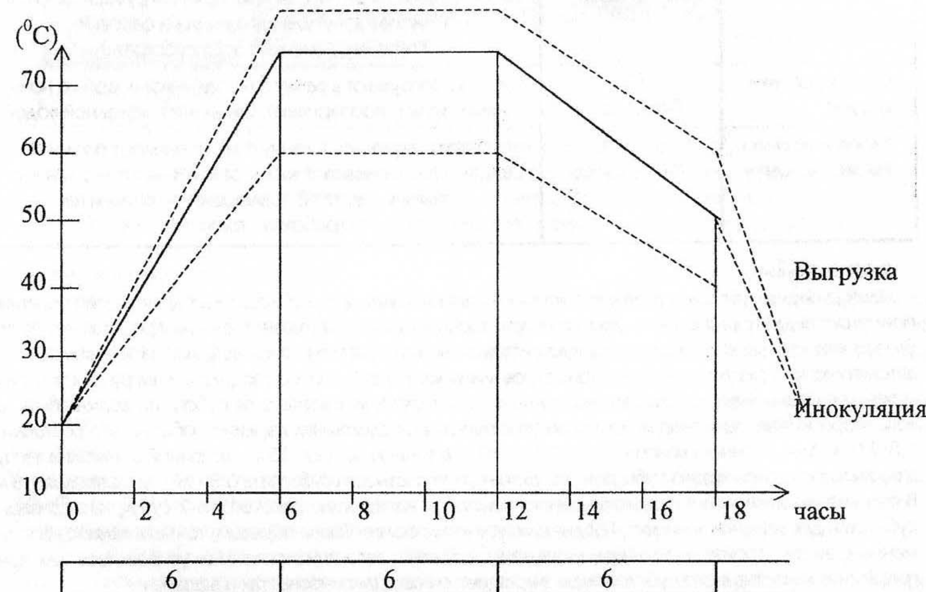





Рассмотрим конкретный пример пастеризации в контейнере. Контейнер сделан из черного металла (5 мм). Габариты: ширина 2 м, длина 2 м, высота 1,2 м. Парогенератор мощностью 18 кВт (9 ТЭНов по 2 кВт) вырабатывают пар низкого давления, который медленно выходит из распределительной системы. Субстрат на основе хлопковых очесов, загружают слоями (по 10 см), тщательно проливая водой из шланга с распылителем каждый слой. Лучше, если вода слегка подогретая. Субстрат загружают массой не более 1 м высотой. Пар поступает снизу и распределяется между частицами субстрата. Важно равномерно загружать субстрат, не переуплотняя его в отдельных местах. Контейнер закрывают крышкой, лучше тоже утепленной. Разогрев субстрата идет 4-6 часов, после этого парогенератор отключают. В последующем субстрат медленно остывает в течение ночи до 50-60°С. Утром открывают крышку и небольшими порциями выгружают субстрат (вилами) на металлические столы, где после остывания его инокулируют и фасуют в п/э перфорированные мешки. График пастеризации представлен на рис. 12. Если влажность субстрата недостаточна, то на столе его аккуратно орошают из шланга с распылителем.

Рисунок 12

**Температурный профиль пастеризации в контейнере**




Вариант контейнера имеет еще тот недостаток, что весьма сложно поддерживать постоянную температуру пастеризации в течение длительного времени. Если используют многокомпонентный субстрат, то компоненты предварительно смешивают на площадке или в смесителе, или загружают компоненты послойно, тогда окончательное перемешивание осуществляют руками во время инокуляции.

Санитарно-гигиенические условия для фасовки и инокуляции субстрата, в том случае, если она проводится в помещении, где находится бак-запарник, не самые лучшие. При загрузке сухого субстрата в бак масса пылевых частиц распространяется в этом помещении. Пыль необходимо удалять вытяжным вентилятором. После загрузки субстрата в помещении проводят мокрую уборку и дезинфекцию любым дезинфикатором (хлорамин, гипохлорит и т.п.).

Отдельные примеры подготовки субстрата в контейнерах на российских грибных фермах даны в табл. 15.

Таблица 15

**Варианты пастеризации субстрата (Россия)**
**Контейнеры**

| Субстрат | Режим обработки | Примечания |
|---|---|---|
| Хлопковый очес, солома, бумага - картон | 90-95°С 4-6 часов | Субстрат загружают в бак (1,2 м³), заливают горячей водой на ночь, сливают. Затем пропаривают. Охлаждение на рабочих металлических столах. |
| Лузга, хлопковый очес, какавелла | 70°С 8 часов | Субстрат загружают в бак (2,5 м³). Пар подается через перфорированные вертикальные трубы. Охлаждение через вертикальные трубы воздухом. Субстрат порциями выгружают на рабочие столы. |
| Солома | 70°С 6-10 часов | Солому загружают в ж/д контейнер. Увлажняют горячей водой, циркуляцией. После пропарки выгружают шнеком в "чистую зону" для инокуляции и фасовки. Контейнер вмещает 5-7 т субстрата. |
| Солома, опилки, отруби | 70°С 24-48 часов | Субстрат загружают в ванну 5 м³, заливают водой на ночь, сливают воду и пропаривают. Охлаждают холодной водой. |
| Хлопковые очесы, какавелла, кунжут | 60-70°С 14-16 часов | Субстрат загружают в ванну 6 м³, проливают послойно водой. Пропаривают 8 часов, затем 8 часов медленное остывание до 60°С. Охлаждают порциями на рабочих столах. |

**2.4.4.2 Тоннели**

Пастеризация субстрата в массе с использованием тоннелей уже несколько десятилетий успешно применяется для приготовления компоста при выращивании шампиньона. Тоннель представляет из себя герметичную камеру, оборудованную системой вентиляции с очисткой воздуха, пароснабжением и автоматическим регулированием параметров микроклимата. Процессы загрузки и выгрузки субстрата механизированы. Чаще всего ширина тоннеля составляет 3 м. Высота слоя субстрата должна быть такой, чтобы нижний его слой не слишком уплотнялся и не сдерживал аэрацию, обычно это составляет 1,8-2,0 м. Длина тоннеля колеблется от 10 до 30 м. В тоннель длиной 15 м и шириной 3 м можно загрузить влажного соломистого субстрата до 25 тонн, при плотности субстрата 0,3 т/м³ и высоте слоя 1,8 м. В отличие от пастеризации шампиньонного компоста, на которую требуется 5-7 суток, пастеризация субстрата для вешенки занимает 1-2 дня или немногим более. Таким образом, тоннель является современным, высокопроизводительным, механизированным и автоматизированным устройством для приготовления качественного субстрата для выращивания как шампиньона, так и вешенки.

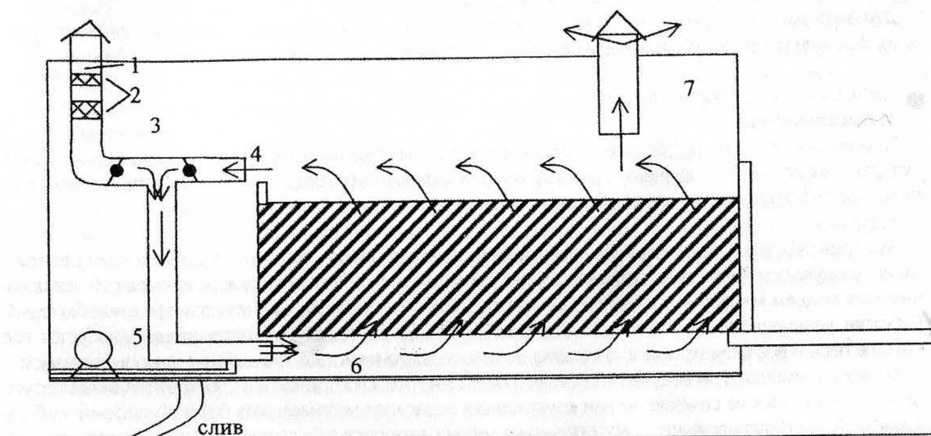
Устройство тоннеля (рис. 13).

Пол тоннеля изготавливают из деревянных или железобетонных брусьев, которые укладывают со щелями до 2 см. Для равномерного распределения подаваемого воздуха суммарное сечения щелей должно составлять 25-30% площади пола тоннеля для шампиньонного компоста (плотность 0,40-0,42) и около 20% для субстрата вешенки (плотность ~0,3). Для укладки субстрата над щелевым полом монтируют плотные продольные и поперечные щиты из досок толщиной 30-40 мм или стелят плотную синтетическую сетку (система подвижных полов), которую после пастеризации вытягивают из тоннеля специальной машиной. Под решетчатым полом находится нижний пол, сделанный из бетона с наклоном 2° в сторону впускного отверстия вентилятора. В самой нижней точке пола имеется сток воды (дренаж). Стены и потолок тоннеля хорошо теплоизолированы, имеют водо- и паростойкую отделку. Высота потолка тоннеля от решетчатого пола обычно составляет 3,5-4,0 м.



Рисунок 13

**Схема тоннеля пастеризации**




**Условные обозначения:**
1 - шахта приточной вентиляции; 2 - фильтры грубой и тонкой очистки воздуха; 3 - клапан регулирования подачи свежего воздуха; 4 - рециркуляционный воздух; 5 - вентилятор; 6 - поддон тоннеля (раздаточный канал); 7 - клапан выброса воздуха.

Система вентиляции включает:
шахту приточной вентиляции (1), в которой монтируют фильтры грубой и тонкой очистки (2), задвижку, регулирующую подачу свежего воздуха тоннеля (4) с регулирующим клапаном (3), вентилятор (5), раздаточный канал (6), расположенный под щелевым полом тоннеля. Излишек воздуха из тоннеля выбрасывается в атмосферу через шахту вытяжной вентиляции (7).
Производительность вентилятора должна обеспечивать подачу воздуха в объеме 180-200 м³/час на тонну субстрата, а статическое давление, создаваемое вентилятором, должно составлять 100-130 мм. вод. столба.*
Увлажнение воздуха и его нагрев обеспечивает система пароснабжения. Ввод пара низкого давления (50 кПа или 0,5** атмосфер) осуществляется непосредственно в поток воздуха за вентилятором.
Охлаждение субстрата осуществляют вентиляцией свежим воздухом, в южных районах необходимо дополнительно устанавливать охлаждающее устройство (кондиционер).
В раздаточном канале тоннеля имеется дренажная система с затворным клапаном, который предотвращает загрязнение во время и после пастеризации.

* 1 мм водного столба = 10 Па
** 1 атмосфера = 760 мм ртутного столба = 100000 Па = 100 кПа.

**Загрузка тоннеля.**

Основные требования при наполнении тоннеля это быстрое и равномерное заполнение рыхлым слоем субстрата высотой до 2 м, так, чтобы его поверхность была ровной. Лучше всего тоннель загружать телескопическим погрузочным устройством, которое равномерно распределяет субстрат. Ни в коем случае нельзя ходить по субстрату и утаптывать его. Перед загрузкой на решетчатый пол укладывают сетку из синтетического волокна, промытую и просушенную.

Удобно загружать тоннель, используя транспортерную линию, состоящую из распределительного транспортера и нескольких подающих транспортеров. В конце процесса заполнения перед дверью в пазы устанавливают доски опорного щита.

Солома значительно более рыхлый субстрат, чем шампиньонный компост, она легче продувается вентиляционным потоком, поэтому для соломы, если позволяет устройство тоннеля, можно формировать слой несколько выше 2 м, что увеличит загрузку тоннеля. После пастеризации слой соломы существенно оседает за счет размягчения соломины.

Для загрузки 1 т соломистого субстрата требуется около 1,7 м² площади тоннеля (при слое около 2 м). Верхний уровень субстрата должен отстоять от потолка тоннеля не менее, чем на 1 м.

Пастеризация субстрата в тоннеле.

**1. Выравнивание.**

Тоннель после загрузки субстратом закрывают и включают вентиляцию с целью выравнивания температуры в массе. Зимой в тоннель часто загружают холодный субстрат, и в разных участках тоннеля температура субстрата может довольно сильно отличаться.

2. Нагрев.

Разогрев субстрата осуществляется паром. Пар подается снизу и потоком воздуха системы рециркуляции продувается через субстрат, равномерно разогревая его. Через некоторое время в субстрате начинается подъем микробиологической активности, главным образом, за счет термофильных бактерий. Субстрат начинает "самосогреваться" и для поддержания температуры пастеризации требуется все меньше пара и все больше свежего воздуха, доставляющего кислород для дыхания микроорганизмов.

Контроль температуры ведут в различных точках (3-4) под субстратом и в субстрате. Данные термодатчиков выводятся на самописцы или компьютер и позволяют устанавливать базовый профиль работы тоннеля. Температуру повышают достаточно медленно, разогрев субстрата может продолжаться 12 часов летом и до 24 часов зимой. Во время нагрева температура воздуха выше температуры субстрата, во время пастеризации, наоборот, температура воздуха ниже, так как субстрат "саморазогревается" Показания термодатчиков снимают не реже 1 раза в полчаса. Во время разогрева свежего воздуха требуется не более 5% от общего объема рециркуляции. Пароснабжение должно обеспечивать подачу 6-7 кг пара на 1 т субстрата в час.

**3. Пастеризация.**

По достижении необходимой температуры начинается процесс пастеризации. Для шампиньонного компоста режим пастеризации достаточно строго ограничен: 6-10 часов при 58-60°С. Повышение температуры до 62-63°С допускается на период не более 1 часа. Это обусловлено составом микрофлоры шампиньонного компоста, которая развивается на предварительной, достаточно длительной фазе неконтролируемой ферментации. Субстрат для вешенки перед загрузкой замачивают в течение 1-3 дней, а затем сразу пастеризуют. Полезная термофильная микрофлора развивается только в процессе "длительной" мягкой пастеризации при 60-65°С в течение 24-48 часов. Поэтому пастеризация субстрата для вешенки в тоннелях проводится при различных режимах: 60-65°С или 70-80°С. Основная задача пастеризации уничтожить в субстрате конкурентные организмы, сохранив определенную селективность субстрата.

Во время пастеризации, особенно мягкой (60-65°С), когда происходит развитие термофильных бактерий, подача свежего воздуха необходима для дыхания аэробной микрофлоры. Объем подачи свежего воздуха составляет 5-10% от общего объема рециркуляции или 10-20 м³/час на 1 тонну субстрата.

Температуру в процессе тепловой обработки субстрата контролируют по температуре потока воздуха под решетчатым полом тоннеля и по температуре воздуха над слоем субстрата в верхней зоне тоннеля, а также по показаниям датчиков, находящихся в субстрате обычно на уровне 0,5-0,6 м от решетчатого пола. Температура субстрата по его слоям имеет минимальное варьирование и лежит всегда между температурой воздуха в верхней и нижней зонах тоннеля. Разность температур, как правило, не превышает 2-3°С.

**4. Ферментация.**

Если используют режим пастеризации с последующей ферментацией, субстрат медленно охлаждают с 60-65°С до 45-50°С (в течение 8-10 часов) за счет увеличения объема свежего наружного воздуха до 20-30%. Ферментацию субстрата при 45-50°С проводят достаточно длительное время от 24 до 72 часов при подаче большого объема свежего воздуха (15-25%). Обилие кислорода способствует бурному развитию полезной термофильной аэробной микрофлоры (бактерий Bacillus). В этом случае тоннель пастеризации служит в качестве большого твердофазного ферментера.



**5. Охлаждение.**

По окончании пастеризации или ферментации массу субстрата стараются быстро охладить свежим воздухом, который в этот момент впускают в объеме от 50 до 100% общей рециркуляции. Субстрат охлаждают до 28°С зимой и 24°С летом. Весь процесс охлаждения занимает от 6 до 12 часов в зависимости от сезона и температуры окружающего воздуха. Если процесс выгрузки задерживается или после выгрузки субстрат долгое время остается в куче, может произойти повышение температуры до 30-40°С. При таком небольшом перегреве стимулируется прорастание сохранившихся спор конкурентных плесеней. Необходимо следить за тем, чтобы в субстрате температура не поднималась выше 30°С.

**6. Выгрузка.**

Субстрат выгружают конвейером, лебедкой с системой подвижных полов (сеток) или другими механизмами. Субстрат для выращивания вешенки имеет невысокую селективность, поэтому при выгрузке надо предпринимать строгие санитарно-гигиенические мероприятия по дезинфекции оборудования и помещения. Хорошо, если тоннель пастеризации проходного типа и загрузка ведется с грязной зоны, а выгрузка в чистую зону. В помещении фасовки и инокуляции должно быть повышенное давление, хорошая изоляция от окружающей среды (мухи, споры микроорганизмов) за счет фильтрации воздуха и уплотнения дверей.

7. **Преимущества термообработки субстрата в тоннеле:**

в небольших помещениях можно проводить обработку большой массы субстрата;

заполнение и выгрузка могут быть полностью механизированы;

затраты энергии на единицу субстрата относительно невысоки;

процесс термообработки хорошо управляем, разница в температуре воздуха и субстрата минимальна;

весь процесс происходит в аэробных условиях, благоприятствующих развитию полезной микрофлоры;

возможно получать большое количество однородного субстрата высокого качества.

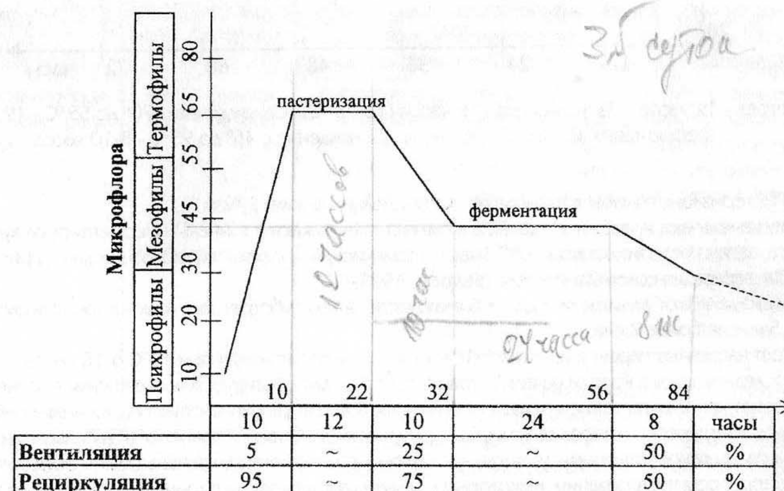
Сложность ситуации с тоннелем заключается в том, что необходимо при выращивании вешенки иметь высокопроизводительную технику для инокуляции и фасовки субстрата в п/э емкости. Готовый субстрат надо выгрузить и расфасовать в течение одного дня. В Европе созданы и работают автоматизированные линии по фасовке и инокуляции субстрата мощностью от 50 до 100 тонн в смену.

**8. Отдельные примеры пастеризации в тоннелях:**

а) Пастеризация с ферментацией или длительная аэробная ферментация (Heltay, 1994). Температурный профиль пастеризации показан на рис. 14.

Рисунок 14

**Термический профиль мягкой пастеризации с ферментацией**




| | 10 | 12 | 10 | 24 | 8 | часы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Вентиляция** | 5 | ~ | 25 | ~ | 50 | % |
| **Рециркуляция** | 95 | ~ | 75 | ~ | 50 | % |

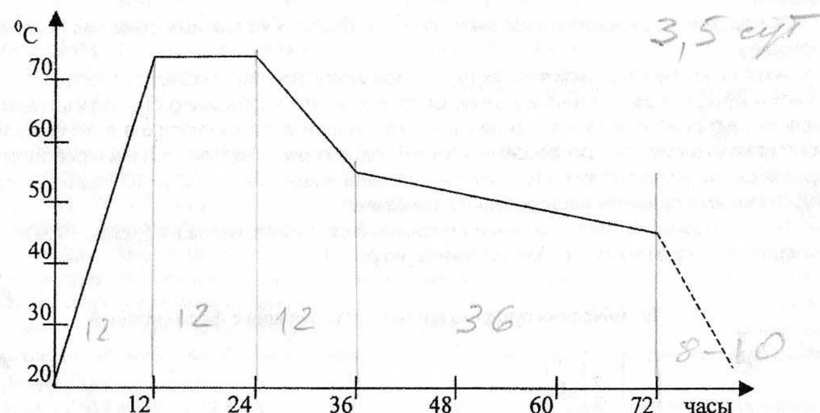
Описание технологии:

1. Субстрат на основе соломы ячменя, пшеницы или ржи.
2. Добавки - 10% сена бобовых трав, как источник азота и термофильных бактерий.
3. Солому измельчают и сечку увлажняют до 75%.
4. Загружают предварительную камеру хранения соломы (на 1 сутки).
5. Загружают тоннель пастеризации (50 тонн субстрата). Вентилятор мощностью 200 м³/час на тонну субстрата. Давление воздуха до 150 мм водного столба.
6. Пастеризация управляется компьютером. Имеется 6 датчиков температуры (3 воздух, 3 субстрат). Направление процесса - увеличение количества защитных термофильных бактерий: сначала облигатных термофилов (65°C), затем термотолерантных бактерий (45°C).
7. Тоннель проходного типа. Загрузка в грязной зоне, выгрузка в чистой зоне. Субстрат вытягивается на сетке специальной машиной. Субстрат инокулируется посевным мицелием (1,5-2,0% по весу) и фасуется в п/э мешки высокопроизводительной линией (до 100 тонн субстрата в смену).

б) Пастеризация соломы по рекомендации фирмы Somycel.
Солома измельчается и увлажняется на площадке. Затем субстрат загружают в тоннель и пастеризуют сначала при 70-75°C для того, чтобы убить всех паразитов, далее температуру снижают и проводят ферментацию при 45-55°C в течение 36 часов с целью накопления полезной термофильной микрофлоры. Термический профиль пастеризации показан на рис. 15.

Рисунок 15

**Пастеризация соломы (Somycel) в тоннеле**




Нагрев - 12 часов. Пастеризация - 12 часов (70-75 °C). Охлаждение с 70° до 55 °C 12 часов. Ферментация 45 - 55 °C 36 часов. Охлаждение с 45° до 25 °C - 8-10 часов.

в) Пастеризация соломы в тоннеле по рекомендации фирмы Sylvan.
Солому измельчают и увлажняют до 75% влажности. Загружают в тоннель и ферментируют при 55-60°C 24 часа, затем пастеризуют при 70°C 3 часа. Термический профиль пастеризации дан на рис. 16.

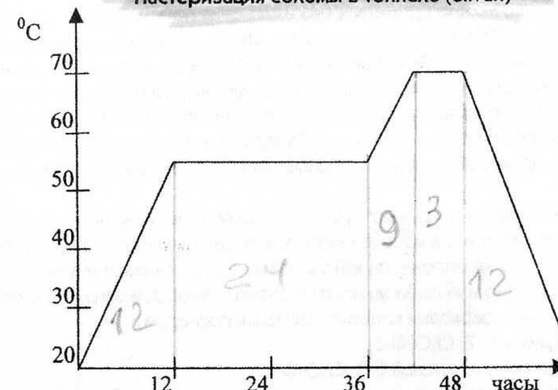
г) Пастеризация соломы в тоннеле (Stamets, 1993).
Солому измельчают и увлажняют до 75% влажности. Затем субстрат загружают в тоннель слоем не менее 1,5 м и не более 2,4 м.
Субстрат нагревают паром в течение 6-12 часов, затем пастеризуют при 70°C 6-10 часов.

В последние годы в России начали готовить субстрат для культивирования вешенки в тоннелях. Большей частью используют тоннели в шампиньонницах. В некоторых хозяйствах под тоннели приспосабливают ж/д контейнеры. Наиболее надежные результаты получают в тоннелях шампиньонниц, которые оборудованы температурными датчиками и позволяют точно контролировать режим обработки и управлять процессом пастеризации. Некоторые примеры пастеризации в тоннелях приведены в табл. 16.



Рисунок 16

**Пастеризация соломы в тоннеле (Silvan)**




Нагрев - 12 часов. Пастеризация - 3 часа (70 °C). Ферментация 55 - 60 °C 24 часов. Охлаждение с 70° до 25 °C 12 часов.

Таблица 16

**Варианты пастеризации субстрата в тоннелях (Россия)**

| Субстрат | Режим обработки | Примечания |
|---|---|---|
| Хлопковые очесы, лузга, костра льна, какавелла | 60-65°C 12-24 часа | Субстрат загружают в тоннель, проливают водой послойно, высота слоя до 50 см. Масса субстрата 4-5 тонн. |
| Солома | 70°C 8 часов | Субстрат замачивают на площадке 4-6 часов, загружают в тоннель слоем 2-2,5 см. Нагрев 8-16 часов. Охлаждение 8-16 часов. Субстрат выгружают и одновременно инокулируют. Для фасовки используют прессовщик. Масса загрузки 24 тонны. |
| Солома | 63°C - 12 час. 48°C - 36-48 час. | Солому загружают в тоннель слоем до 2 м и массой до 15 тонн. Сначала пастеризуют при 63°C, а затем ферментируют при 48°C. Тоннель 3х12 м. Фасовка ручная. |
| Хлопковые очесы, костра льна, рапс, солома | 62°C - 6 часов 50°C 24 часа | Субстрат загружают в тоннель, сделанный на основе ж/д контейнера. Пастеризуют увлажненный субстрат при 62°C, затем ферментируют при 50°C. Субстрат охлаждают фильтрованным воздухом, шнеком подают в чистую зону для инокуляции и фасовки. Масса загрузки 4-6 тонн. |
| Солома | 65-70°C 12 час. 48°C 24-36 час. | Солому пневмотранспортером выгружают на площадку. Замачивают 2 дня. Загружают в тоннель 2,6х12 м, слоем 1,5-2,0 м, масса 10-25 тонн. Пастеризуют 12 часов при 65°C, затем ферментируют при 48°C - 24-36 часов. Выгружают, инокулируют вручную, фасовка механизирована - прессовщик. |
| Солома | 65°C - 6 часов | Загружают солому в тоннель слоем до 1 м, промывают холодной водой, затем увлажняют горячей водой, нагревают паром до 65°C. После обработки охлаждают, продувая воздух 3 часа. Загрузка 4-5 тонн. Тоннель из ж/д контейнера. Механизации загрузки и выгрузки нет. |

**2.4.4.3 Смесители-запарники.**

Смесители-кормозапарники используют довольно успешно для пастеризации субстрата. Смесители небольшого объема (до 3 м) можно применять без изменения перемешивающего устройства. Смесители большего объема (6, 7, 12 м3) переделывают, так как их перемешивающее устройство рассчитано на жидкий корм или "болтушку" и не справляется с увлажненным субстратом. Смесители имеют основное перемешивающее устройство и отдельный шнек для выгрузки готовой смеси, расположенный в нижней части корпуса. Имеются также разработки барабанного смесителя, где перемешивание осуществляется за счет вращения корпуса смесителя. Запарники-смесители не рассчитаны на длительную непрерывную работу, поэтому субстрат в них обрабатывают при высокой температуре и сокращенной экспозиции.

Субстрат в смеситель-запарник загружают транспортером через люк, находящийся в верхней части корпуса. Для увлажнения субстрата в корпус смесителя подают воду (холодную, теплую или горячую) при включенной мешалке. После определенной экспозиции воду сливают и впускают пар. Субстрат во время пастеризации постоянно или периодически перемешивают. Для загрузки смесителей используют различные модификации скребковых конвейеров (транспортеров):

1) ТС-Ф-40-02 для загрузки С-7, СКО-Ф-6;

2) ТС-Ф-40-04 для загрузки смесителей С-3, СКО-Ф-3.

Техническая характеристика некоторых модификаций представлена в таблице 17.

Таблица 17

**Характеристика смесителей-запарников**

| Марка смесителя | ЗС-Ф-1 | ЗС-Ф-2 | ЗС-Ф-3 | ЗС-Ф-6 | С-12 |
|---|---|---|---|---|---|
| Вместимость, м3 | 1 | 2 | 3 | 6 | 12 |
| Установленная мощность, кВт | 2,6 | 4,4 | 8 | 12 | 20 |
| Масса смесителя, кг | 590 | 755 | 1700 | 2200 | 3500 |
| Масса загружаемого субстрата, т | 0,2 | 0,3 | ~0,5 | ~1,0 | ~2,0 |

При перемешивании субстрат достаточно быстро и равномерно нагревается паром. Пастеризацию проводят при 90-95°С в течение 1-3 часов, при 70-80° в течение 4-8 часов. По окончании пастеризации субстрат охлаждают, продувая фильтрованный свежий воздух через корпус смесителя, пропуская холодную воду через специальную рубашку из тонких труб, заливая субстрат холодной водой и, наконец, выгружая субстрат порциями на рабочие столы для охлаждения в тонком слое.

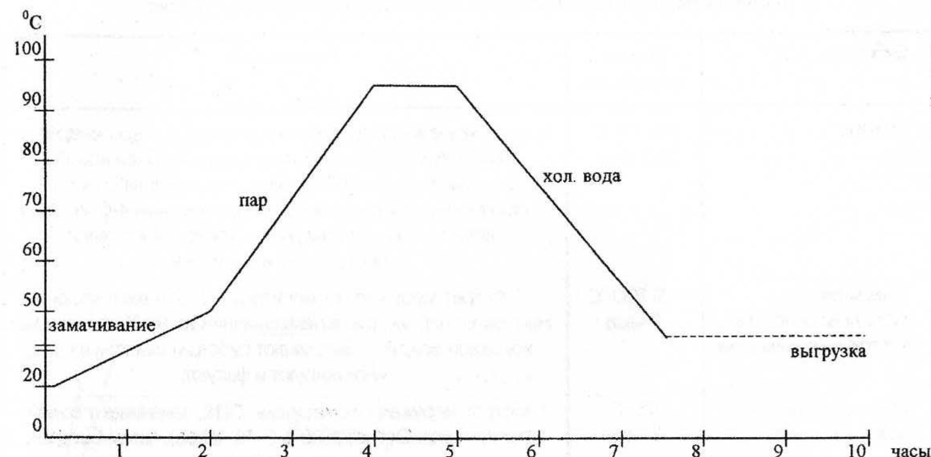
Запарник можно установить таким образом, что выгрузка пастеризованного субстрата будет проводиться в чистое, отделенное "капитальной" стенкой помещение инокуляции и фасовки. Тогда загрузка сырья в смеситель всегда сопровождающаяся сильным загрязнением воздуха пылью и спорами микроорганизмов будет происходить в грязной зоне и не создавать опасность распространения инфекции. Соответственно, помещение разгрузки субстрата поддерживается в чистоте и регулярно дезинфицируется. На рис. 17 и 18 показан процесс пастеризации субстрата в смесителях-запарниках с различными вариантами охлаждения.

Смесители-запарники особенно удобны при работе на многокомпонентном субстрате. Однородность условий обработки за счет перемешивания субстрата позволяет получать качественную пастеризацию всей массы. Если предусмотреть варианты быстрого охлаждения и выгрузки смесителя, то вполне возможно использовать его 2-3 раза в сутки для пастеризации субстрата. Обычно смесители работают при подаче магистрального пара давлением до 0,7 атмосфер, внутри корпуса может создаваться (при закрытом люке и выгрузном шибере) небольшое давление. Температуру пастеризации контролируют по указателю температуры (датчику).



Рисунок 17

**Профиль пастеризации субстрата в запарнике-смесителе С-3 (3 м3)**

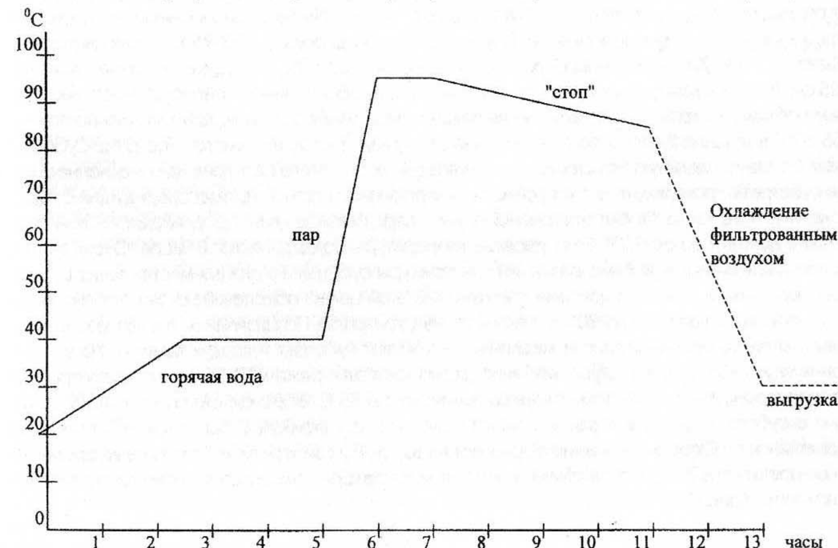



**Субстрат многокомпонентный:**

1. Замачивание теплой водой 2-3 часа, слив воды.
2. Нагрев паром до 95 °С, при перемешивании - 1 час.
3. Пропарка (жесткая пастеризация) 90-95° 2 часа.
4. Охлаждение поливом холодной водой 1-2 часа.

Рисунок 18

**Профиль пастеризации субстрата в запарнике-смесителе С-6 (6 м3)**




**Субстрат солома:**

1. Замачивание горячей водой 2-3 часа.
2. "Провокация" при 40 °С 2-3 часа.
3. Нагрев паром до 95° - 1 час.
4. Жесткая пастеризация при 90° 95° - 1-2 часа.
5. Медленное охлаждение 4-5 часов ("стоп") до 80°
6. Быстрое охлаждение фильт. фоздухом - 2-3 часа.

Некоторые примеры обработки субстрата в смесителях-запарниках даны в табл. 18.

Таблица 18

**Варианты пастеризации субстрата в смесителях-запарниках (Россия)**

| Субстрат | Режим обработки | Примечания |
|---|---|---|
| Солома | 90-95 °С<br>2-3 часа | Из соломорезки подается в смеситель С-6. Парогенератор (котел Д-900). Солома увлажняется горячей водой. Отстаивается при 40 °С 4 часа ("провокация"). После обработки субстрат выдерживают горячим 4-6 часов, затем охлаждают воздухом. Субстрат выгружают в чистую зону инокуляции. |
| Очесы хлопка, лузга подсолнечника, костра льна, какавела | 95-100 °С<br>2 часа | Субстрат загружают в смеситель С-3. Заливают водой. Нагревают паром при перемешивании до 95 °С. Охлаждают холодной водой. Выгружают субстрат шнеком и сразу инокулируют и фасуют. |
| Солома, лузга подсолнечника | 95 °С<br>3 часа | Субстрат загружают в смеситель С-12, замачивают водой, пропаривают. Остывает ночь (~16 часов), затем быстрое охлаждение. |
| Лузга подсолнечника, опилки березовые, шелуха гречихи | 95 °С<br>4 часа | Загружают субстрат в смеситель С-6 увлажняют водой, пропаривают, охлаждение - ночь (~16 часов). |

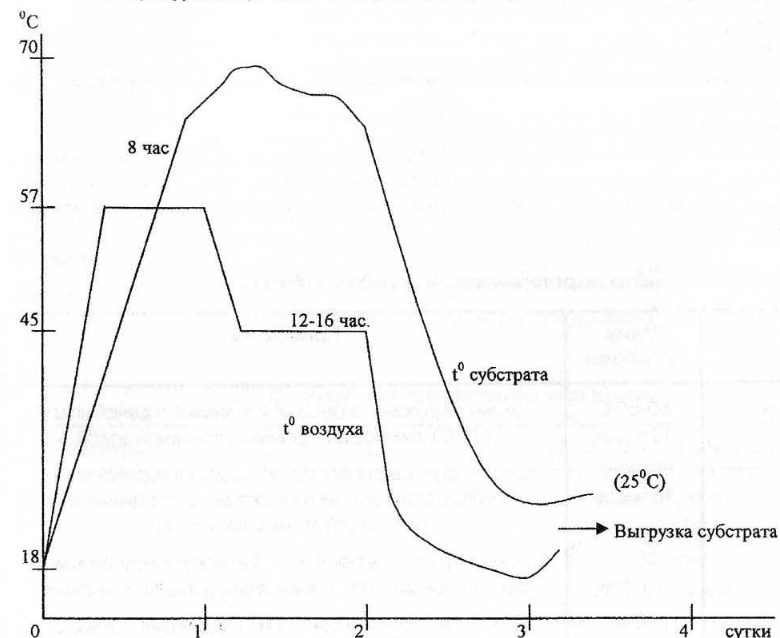
**2.4.4.4. Пастеризация субстрата в камерах на стеллажах.**

В Голландии солому пастеризуют на стеллажах в стандартных шампиньонных камерах. Солому измельчают в соломорезке и увлажняют 2 дня на площадке. Затем специальной машиной загружают на стеллажи, так же как компост для шампиньона. Влажность соломы доводят до 73-75%, после пастеризации она падает до 70%. Датчики температуры располагают в субстрате и воздухе. Толщина слоя субстрата 20-25 см. Воздух в камере циркулирует постоянно - это обеспечивает равномерность параметров по всему объему камеры. После включения подачи пара температура воздуха медленно поднимается до 55-57°С в течение 8-12 часов. Параллельно этому идет разогрев самого субстрата. Субстрат имеет в 3 раза большую удельную теплоемкость, чем воздух, поэтому его разогрев идет медленнее. Саморазогрев субстрата происходит за счет усиления микробиологических процессов, идущих с выделением биологического тепла. После отключения подачи пара разогрев еще продолжается и температура в субстрате доходит до 68-70°С. Этот уровень температуры поддерживают 8 часов. Очень важно, чтобы в период пастеризации не было различий температуры субстрата в разных местах камеры, особенно между верхними и нижними ярусами стеллажей. С этой целью обеспечивают достаточно мощную циркуляцию воздуха камеры (до 200 м³/час на тонну субстрата). По окончании пастеризации в камеру начинают вводить свежий воздух и медленно охлаждают субстрат и воздух камеры. На уровне температуры воздуха 45°С делают "ступеньку" и поддерживают этот режим 12-16 часов, затем продолжают медленное охлаждение субстрата вплоть до температуры 25°С. Всего охлаждение длится 2 суток. За это время в субстрате успевают размножиться полезные термофильные бактерии, что повышает уровень селективности. Особое внимание обращают на то, чтобы температура субстрата во время пастеризации не превышала 70°С. В этом случае полезная микрофлора сохраняется и при охлаждении активно размножается (рис. 19).



Рисунок 19

**Температурный профиль пастеризации субстрата на стеллажах (Голландия, Хорст)**




| | | | |
|---|---|---|---|
| 0-5 | 20-50 | 100 | Вентиляция свежим воздухом |
| 100-95 | 50-80 | 0 | Рециркуляция |

2.4.5. Гидротермическая обработка.

Вода имеет очень большую теплоемкость и хорошую теплопроводность, поэтому обработка субстрата в воде весьма эффективна. Возможно несколько вариантов обработки:

1. Субстрат укладывают в контейнер из металлической сетки. Контейнер загружают в металлический бак с горячей водой (70-80°С) на 1-2 часа. Бак можно подогревать снизу газовой горелкой. Температуру в баке меряют длинным термометром. После обработки контейнер вынимают, дают стечь воде и солому раскладывают на рабочем столе тонким слоем для быстрого охлаждения. Иногда горячую воду используют второй раз для обработки следующей порции субстрата. Однако более 2-х раз этого делать нельзя, так как вода становится токсичной для мицелия.

2. Субстрат укладывают в бак слоем до 1 метра. У дна бака вмонтированы ТЭНы. Над ними устанавливается крепкая металлическая решетка, которую прикрывают мелкой термостойкой сеткой. Воду заливают до полного погружения субстрата. Вода подогревается ТЭНами до необходимой температуры (60-80°С), процесс можно автоматизировать, установив термодатчики. Длительность обработки зависит от температуры и составляет от нескольких часов при 70-90°С до 16-24 часов при 60-65°С.

3. Субстрат загружают транспортером в запарник. В запарник заливают воду, так чтобы субстрат был полностью погружен ("болтушка"). Воду подогревают паром. Обработку ведут при периодическом перемешивании при 70-90°С. Время обработки 2-8 часов. После обработки воду сливают, и субстрат порциями выгружают для охлаждения и инокуляции.

Гидротермическая обработка имеет ряд преимуществ:

4. Не требуется предварительного увлажнения.

5. Возможна точная регулировка параметров (t°, время) обработки.

6. Замачивание способствует вымыванию легкодоступного питания или ингибиторов и, таким образом, повышает селективность субстрата.

7. В горячей воде быстро происходит гидратация спор микроорганизмов и повышается их чувствительность к термообработке.

Недостатки гидротермической обработки:
- большой расход воды;
- большие затраты энергии на разогрев воды;
- на некоторых субстратах возможное сильное переувлажнение (хлопковые очесы) или потеря структурных свойств (лузга гречихи);

непригодна для больших объемов производства.

После гидротермической обработки необходимо тщательно контролировать влажность субстрата в процессе выгрузки из бака. Верхние слои субстрата обычно имеют оптимальную влажность (68-72%), нижние слои бывают переувлажненными. В табл. 19 приведены разнообразные варианты гидротермической обработки субстрата.

Таблица 19

**Варианты гидротермической обработки (Россия)**

| Субстрат | Режим обработки | Примечания |
|---|---|---|
| Солома, известь | 60-65°С 13 часов | Солому загружают в бак 3 м³ и заливают горячей водой (70°С), охлаждают, промывая холодной водой. |
| Солома | 60-80°С 16 часов | Солому загружают в бак 2,5 м³, заливают горячей водой (90°С), оставляют на ночь остывать, порциями, в небольшой ванне инокулируют. |
| Солома | 60°С 6 часов | Солому загружают в бак 2,5 м³. Заливают холодной водой, греют паром до 60°С. Охлаждение порциями на столах. |
| Солома | 70°С 5 часов | Солому загружают в бак 1,5 м³. Паром греют воду до 70°С (7 часов). Охлаждение проциями. |
| Солома | 60°С 2 часа | Солому загружают в бак 2,5 м³. Заливают водой, греют воду до 60°С, охлаждают холодной водой. |
| Лузга, очесы хлопка, какавелла (~10%) | 60°С 48 часов | Субстрат загружают в бак 2 м³, заливают горячей водой (70°С), охлаждают порционно в ваннах. |
| Лузга подсолнечника | 65°С 12 часов | Лузгу загружают в бак 2 м³, заливают горячей водой (70°С). Охлаждают порционно в ваннах. |
| Хлопковые очесы | 70°С 2 часа | Очесы загружают в бак 2 м³, заливают горячей водой (75°С), охлаждают порциями на столах. |
| Кострa льна, бумага, какавелла | 90°С 2-3 часа | Субстрат загружают в смеситель-запарник (С-6), заливают водой, воду греют паром до 90°С. Субстрат периодически перемешивают. Охлаждают холодной водой. |

**2.4.6. Ксеротермическая обработка.**

Ксеротермическая технология приготовления субстрата относится по типу воздействия к жесткой пастеризации: воздушно-сухая солома при атмосферном давлении нагревается паром до 100°С (простые устройства) или 102-103°С (усложненное оборудование). Впервые эта обработка была проверена после нефтяного кризиса в 1977г. в Венгрии.

Основные характеристики ксеротермической технологии:

1) Короткая экспозиция термообработки. Быстрое охлаждение холодной водой с одновременным увлажнением субстрата. Большая экономия энергии и времени.

2) Первичная инфекция уничтожается, однако эндоспоры бактерий и часть спор конкурентных грибов выживают.



3) Образуется незначительное количество легкодоступных питательных веществ.

4) Эндогенная микробиологическая защита отсутствует, селективность минимальная.

5) Применение экзогенной защиты (фунгициды типа фундазола) достаточно эффективно.

6) Все работы должны проводиться в чистых гигиенических условиях, используют только стерильный мицелий и быстрорастущие, конкурентные коммерческие сорта, не чувствительные к бактериальным метаболитам.

7) Богатый субстрат, насыщенный легкоусвояемыми питательными веществами, можно использовать только после микробиологической ферментации, но не после ксеротермической обработки. Питательные добавки в субстрат также нежелательны.

8) Вода для замачивания и охлаждения субстрата должна быть микробиологически чистой.

При использовании воздушно-сухого сырья на 1 тонну субстрата добавляют 1,5-2,0 тонны воды.

Внесение в субстрат 0,01% фундазола обеспечивает защиту от конкурентных плесеней

9) Масса субстратного блока не должна превышать 25 кг, а плотность субстрата должна находиться в пределах 0,35-0,50 кг/л.

Некоторые особенности ксеротермической технологии представлены в табл. 20.

Таблица 20.

**Особенности ксеротермической технологии**

| Параметры | Характеристика |
|---|---|
| Давление | Атмосферное |
| Температура обработки | 100-103° |
| Время обработки | 1-4 часа |
| Термический гидролиз | Слабовыраженный |
| Селективность | Теряется почти полностью |
| Микрофлора | Остаются только эндоспоры бактерий |
| Экзогенная защита | Возможна добавка беномила (фундазола) |
| Условия инокуляции и фасовки | Близкие к стерильным |
| Мицелий | Стерильный |
| Сорта | Устойчивые к бактериальным выделениям |
| Вода | Микробиологически чистая |

Ксеротермическая обработка (европейский вариант) состоит из следующих операций:

1) Солома измельчается до частиц размером 15-20 мм.

2) Соломенный шрот подается шнеком в контейнер, где равномерно распределяется специальным устройством. В один контейнер входит 2,5 тонны сухого соломенного шрота.

Контейнер сделан из нержавеющего термостойкого материала и установлен на колеса.

Контейнер закатывают в камеру ксеротермической обработки с "грязной" зоны

3) Камера сделана из нержавеющей стали и хорошо теплоизолирована стекловатой. Камера проходного типа. Загрузка идет с грязной зоны, выгрузка в чистую зону. Субстрат в камере обрабатывается паром низкого давления при температуре 100°С. Для достижения равномерной обработки служит система циркуляции воздушно-паровой смеси. Управление обработкой может вестись с помощью компьютера. Температура в субстрате снимается 6-ю датчиками. Данные фиксируются самописцами. Имеется несколько максимальных термометров для контроля температуры в субстрате. Пар подается от мощного парового котла. Время различных операций в течении обработки приводится в таблице 21.

Таблица 21.

**Ксеротермическая обработка. Операции.**

| Операции | Время |
|---|---|
| Вкатывание контейнера в камеру. Подсоединение датчиков Закрывание ворот | 5 мин. |
| Нагревание субстрата до 100° при постоянной циркуляции воздуха | 30 мин. |
| Обработка в режиме 100° при постоянной циркуляции воздуха | 70 мин. |
| Выпуск пара из камеры | 10 мин. |
| Выкатывание контейнера из камеры.Отсоединение датчиков | 5 мин. |
| Всего: | 120 мин. |

Загрузка камеры 10 т влажного субстрата Сменная выработка - 30 т

4) После обработки выгрузка камеры происходит в чистую зону при закрытых "грязных" воротах. Вполне возможно при небольших переделках использовать камеру ксеротермической обработки для пастеризации или ферментации субстрата. Контейнеры с пропаренным субстратом перевозят в камеру выгрузки. Контейнеры снабжены выгружающим конвейером. Во время выгрузки субстрат разрыхляется фрезерной насадкой и немного увлажняется. Субстрат подается в главный смачивающий шнек, где он смешивается с водой до достижения необходимой влажности(70-72%). Субстратная вода питьевого качества подается через водяной счетчик. Вода поступает из двух резервуаров, оборудованных смесителями и насосами. В воду можно вносить бактерицидные препараты(гипохлорит натрия) или фунгициды (фундазол) После увлажнения в субстрат добавляют посевной мицелий. Для засева используют мицелий из двух-трех лабораторий (для сравнения и контроля урожайности). Мицелий должен быть свежий, чистый, стерильный, хранившийся при 2°С. Перетаренный мицелий не применяется. Каждую емкость с мицелием тщательно осматривают. Сросшиеся комки мицелия разрыхляются специальной "теркой", которая регулярно дезинфицируется.

5) Инокулированный субстрат подается в устройство для прессования блоков размером 35x45x25 см, массой 12,5 кг и плотностью 0,35 кг/л. Блоки прессуют в п/э мешки, имеющие 132 отверстия диаметром 10 мм. Общая площадь перфорации составляет 4,6% всей поверхности пленки.

Все работы на ферме синхронизируются так, чтобы можно было за смену делать три закладки субстрата в камеру ксеротермической обработки.

В России в последние годы появилось несколько предприятий, использующих ксеротермическую обработку субстрата. Субстрат загружают в металлические контейнеры или запарники-смесители. Длительность обработки составляет 3-4 часа. Лучший результат обработки достигается в запарниках-смесителях, обеспечивающих равномерность температуры по всей массе субстрата. Грибоводы применяют разнообразные субстратные смеси, однако необходимо помнить, что ксеротермическая обработка разрабатывалась для относительно чистого соломистого субстрата и ее эффективность на смешанных, часто сильно инфицированных субстратах, может быть недостаточной. В этом случае необходимо вносить в субстрат фундазол или использовать влажную термообработку (пастеризацию) с последующей ферментацией. Некоторые практически применяемые в России варианты ксеротермической обработки приведены в таблице 22.



Таблица 22.

**Варианты ксеротермической обработки (Россия)**

| Субстрат | Режим обработки | Примечания |
|---|---|---|
| Костра льна, хлопковые очесы, какавелла, мел | 4 часа 95-100° | Сырье загружают в металлические ванны в сетчатых контейнерах (по 2 м³) и парят. Контейнеры погружают в бак с холодной водой на 30 мин. (увлажнение до 70%). Субстрат выгружают в смеситель, смешивают с минеральной добавкой и выгружают на рабочие столы для фасовки. |
| Костра льна, хлопковые очесы, какавелла, лузга, мел или известь | 3-4 часа 95-100° | Сырье загружают в запарник-смеситель (С-3). Пропаривают при периодическом перемешивании. Заливают холодной питьевой водой. Субстрат остывает несколько часов. Выгружают шнеком субстрат порциями и сразу фасуют, и инокулируют. |
| Солома, лузга подсолнечника, хлопковые очесы, известь | 3-4 часа 95-100° | Субстрат загружают в смеситель (С-5). Пропаривают при периодическом перемешивании. Заливают холодной водой. Субстрат остывает несколько часов. Шнеком выгружают порционно на металлический рабочий стол, инокулируют и фасуют. |
| Костра льна, бумага, какавелла, известь | 4 часа 95-100° | Субстрат загружают в металлические ванны (4 м³). Пар подается снизу через паропроводы. После обработки субстрат заливают холодной водой и оставляют на несколько часов. Воду сливают. Субстрат инокулируют и фасуют на металлических рабочих столах. Парогенератор КВ-300. |
| Костра льна, бумага, картон, отруби | 4 часа 95-100° | Сырье загружают в смеситель С-12. Пропаривают при периодическом перемешивании. Заливают холодной водой. Выгружают шнеком на рабочие столы. Субстрат остывает несколько часов. |
| Солома, лузга подсолнечника | 1,5 часа 95-100° | Субстрат загружают в смеситель С-5 (сосуд ЛАПСА). Парогенератор электродный на 45 кВт. Обработка идет при периодическом перемешивании. Выгрузка шнеком на рабочий стол. |

## 2.5. Другие методы обработки субстрата.

### 2.5.1. Химические методы.

Если субстрат не обрабатывать термически (стерилизовать или пастеризовать), на нем появляется множество конкурентных микроорганизмов или контаминантов. Это преимущественно различные плесневые грибы из родов Trichoderma, Penicillium, Mucor, Sclerotium или сорные высшие грибы-навозники рода Coprinus. Контроль конкурентной микрофлоры возможен не только методами термической обработки, но и применением ряда химических препаратов. Рассмотрим отдельные примеры химической обработки.

**Обработка негашеной известью.**

Негашеная известь (CaO) очень щелочной препарат, она растворяется в воде (гасится), образуя гашеную известь $Ca(OH)_2$. При погружении соломы в ванну с раствором $Ca(OH)_2$ вся микрофлора в вегетативной стадии инактивируется. Обработка очень простая. Раствор извести должен быть в пределах 0,5-1,0%, pH раствора составляет 9,5-10,0. Солому настаивают в этом щелочном растворе в течение ночи. Затем раствор сливают. Однако надо помнить, что он токсичен для растений. Солома после стекания раствора имеет pH 8,5. Мицелий вешенки значительно устойчивее к щелочной среде, чем конкурентные организмы (триходерма). Через 3-4 дня инкубации pH постепенно снижается, так как мицелий вешенки выделяет органические кислоты в процессе роста. Через 1 неделю после инокуляции солома полностью колонизируется мицелием. Если солома слишком щелочная, можно сделать еще одну промывку водой.

**Обработка гипохлоритом натрия.**

Солому погружают в 5% раствор гипохлорита натрия. Время обработки не менее 4 часов и не более 12 часов. После слива раствора и доведения соломы до нужной влажности (подсушивание) проводят инокуляцию. Известно, что гипохлорит натрия лучше работает в щелочной среде, поэтому возможно улучшение обработки при добавлении некоторого количества извести до pH ~ 8-8,5.

**Обработка детергентами.**

Используются различные варианты детергентов. Солома погружается в раствор детергента и отмывается с поверхности от загрязнений минеральных и органических. Воздействие детергента двоякое:

а) Подготавливается поверхность соломы для ферментативного гидролиза;

б) Смываются загрязнения и инфекционные споры.

После обработки детергентами (стиральные порошки один из вариантов) субстрат надо хорошо промыть избытком воды.

**Обработка фунгицидами.**

Мицелий вешенки в определенных концентрациях фунгицидов проявляет устойчивость к ним или толерантность, в то же время рост мицелия конкурентных плесеней полностью останавливается. За счет этой особенности возможно применять фунгициды для контроля конкурентных плесневых грибов.

1) Карбоксин (витавакс) - субстрат замачивают 18 часов в растворе, содержащем 5 ppm препарата. Карбоксин на 2-3 дня задерживает образование спорофор (примордиев или зачатков) вешенки, но не влияет на урожайность отрицательно.

2) Карбендазим (БМК, БАВИСТИН). Субстрат погружают в раствор, содержащий 25 ppm препарата на 16 часов.

3) Беномил (фундазол, бенлат). Субстрат замачивают в растворе, содержащем 25-50 ppm препарата на 16 часов.

Все названные препараты плохо растворимы в воде и для их равномерного распределения в субстрате необходимо предварительно суспендировать препараты в большом объеме воды. В некоторых случаях производят специально растворимую в воде форму препарата. Например, беномил после реакции с циклодекстринами (циклические формы крахмала) становится водорастворимым и его эффективность повышается почти на порядок (в 5-10 раз).

**Обработка формалином или формальдегидом.**

Субстрат замачивают в растворе, содержащем 500-800 ppm формальдегида в течение 16 часов. После обработки субстрат дезактивируют раствором щелочи $NaOH$ или $Ca(OH)_2$ или горячим воздухом для отгонки паров формальдегида.

**Обработка жидким аммиаком.**

Субстрат замачивают в растворе, содержащем 1000 ppm аммиака ($NH_4OH$) в течение 18 часов. Затем субстрат нейтрализуют раствором кислоты (уксусной, лимонной, соляной) или обрабатывают горячим воздухом для отгонки паров аммиака.

**Фумигация этилформатом.**

Если есть хорошо изолированная камеры можно проводить фумигацию субстрата этил-форматом в течение 24 часов. Концентрация препарата - 600 мг/л воздуха. Этот фумигант сам по себе нетоксичен и после реакции с водой (когда субстрат замачивают) гидролизуется с образованием этилового спирта и муравьиной кислоты.

Возможны и другие варианты применения химических препаратов. Часто делают совместное применение препаратов, например, формальдегид и карбендазим. Сравнительный анализ применения различных препаратов дан в табл. 23.

В заключение следует сказать, что на практике более надежные результаты получают при совмещении термической обработки с применением химических препаратов (фунгицидов, извести и т.д.).



Таблица 23

**Сравнительный анализ различных методов обработки**

| Препарат | Обработка | Условия | Остатки |
|---|---|---|---|
| Карбоксин | Замачивание 18 час. в растворе 5 ppm | Не требует специального оборудования | нет |
| Этилформат | Фумигация 24 часа 600 мг/л, затем горячий воздух 60° 4-5 часов | Фумигационная камера с хорошей изоляцией | нет |
| Жидкий аммоний | Замачивание в растворе 1000 ppm, затем обработка фосфорной кислотой (а) или горчим воздухом (б) | Трудоемко | нет |
| Формальдегид | Замачивание в растворе 800 ppm, затем обработка горячим воздухом | Трудоемко | нет |
| Горячая вода | Замачивание при 60° 10 минут | Не требуется | нет |

**2.5.2. Физические методы.**

Физические методы стерилизации с использованием различных типов облучения нашли широкое применение для обработки медицинских материалов и продуктов питания. Обработка занимает мало времени, но установки для такой физической обработки весьма дорогостоящи.

В России на одной из таких установок стерилизуют субстрат для выращивания мицелия вешенки. Субстрат можно обрабатывать в любой упаковке: обычные полиэтиленовые пакеты, п/э бутылки, стеклянные бутылки и банки и т.п. Производительность установки довольно большая и вполне может обеспечивать работу лаборатории мицелия средней мощности (до 100 тонн/год) или производства грибов вешенки по стерильной технологии.

Применение физических методов стерилизации пока еще не получило распространения в грибоводстве, однако это направление достаточно перспективно.

**2.5.3. Биологические методы.**

Биологические методы основаны на применении различных биологических препаратов: термофильных бактерий, дрожжей, естественной мезофильной микрофлоры.

**1) Препараты термофильных микроорганизмов.**

В Венгрии впервые начали производить препараты термофильных бактерий, выращивая их в ферментерах. Препараты производили на основе смешанной дикой популяции термофильных бактерий или отдельных изолированных видов (Bacillus subtilus). Субстрат пастеризовали и ферментировали с этими препаратами. На чистом, малоинфицированном субстрате микробный препарат давал отличный результат даже без пастеризации.

**2) Естественная мезофильная микрофлора.**

Субстрат (солома с добавкой 5-10% сена бобовых) в течение 3-4 суток ферментируется при комнатной температуре в воде. По окончании ферментации воду сливают и солому инокулируют. В субстрате накапливаются биологически активные вещества. При такой ферментации субстрат выделяет очень неприятных запах, который исчезает только через несколько дней после инокуляции.

**3) Пивные дрожжи.**

Пивные дрожжи разводят в воде с 2-3% свекловичного сахара. Ферментируют 2-3 дня при 24°С. Соломенную сечку загружают в дрожжевой бульон на 24-48 часов. Дрожжи продуцируют биологически активные вещества, антибиотики, спирт и в процессе роста потребляют легкодоступные вещества субстрата. После слива воды солому инокулируют.

**4) Анаэробная ферментация с фунгицидом.**

Субстрат (солома, стебли гороха, трава бобовых) загружают в бак с раствором фунгицидов (карбендазим - 25 ppm, бенлат - 50-100 ppm). Субстрат ферментируют при невысокой температуре (15-20°С) в течение 10-12 дней. Затем воду сливают и субстрат инокулируют. Фунгициды тормозят развитие конкурентной грибной микрофлоры, но не действуют на бактериальную микрофлору.

**5) Бактериальные препараты.**

В аптеках продают лиофилизированные бактериальные препараты "Биоспорин" бактерий рода Bacillus. Эти препараты при внесении в небольших дозировках в субстрат во время замачивания обеспечивают неплохой защитный эффект. В России производят довольно много различных бактериальных препаратов, некоторые из них могут быть применены для целей создания микробиологической защиты субстрата от развития конкурентных плесеней.

Среди рассмотренных методов наиболее эффективным следует признать применение препаратов термофильных бактерий, особенно если оно сочетается с предварительной термообработкой субстрата.

## 3. Способы формирования субстратных блоков.

### 3.1. Варианты емкостей и контейнеров.

Культивирование вешенки - это уникальное по разнообразию технологий и технических решений явление в грибоводстве. Рассмотрение способов формирование субстрата для выращивания вешенки дает определенную картину этого явления, но, конечно, не во всей полноте.

Выбор типа контейнера или емкости для субстрата зависит от многих факторов: вида и сорта гриба, субстрата, технологии обработки субстрата, имеющегося оборудования и т.д. Большинство видов вешенки приспособлено к плодоношению на вертикальных поверхностях, так как это происходит в природных условиях. На горизонтальных поверхностях плодоношение вешенки проходит намного хуже, за исключением двух видов: P. eryngii и P. sajor-caju. Для нормального плодоношения вешенка нуждается в равномерном освещении, что также накладывает ограничения на выбор контейнеров. Тем не менее, за последние десятилетия были разработаны всевозможные варианты культивирования вешенки, включая и традиционные для шампиньоноводства горизонтальные стеллажи.

### 3.1.1. Стеллажная культура.

Выращивание вешенки в шампиньонных камерах на горизонтальных стеллажах с применением всех уже разработанных элементов механизации было успешно осуществлено в Голландии и Канаде.

**Горизонтальный стеллаж.**

**Вариант 1.**

Технология предусматривает загрузку обработанного субстрата из тоннеля пастеризации на стеллажи с одновременной инокуляцией, затем субстрат сразу покрывают тонкой (20 мкм) перфорированной п/э пленкой. Перфорацию делают равномерно на рулоне пленки до ее укладки, пленку рассверливают прямо в рулоне. Пленка на 98% снижает испарение воды из субстрата. Тем не менее, в камере поддерживают высокую влажность, чтобы субстрат в местах перфорации не пересыхал. Если зоны перфорации остаются сухими и коричневыми, а остальной субстрат побелел от проросшего мицелия, значит, в камере было сухо. Достижением этой технологии является то, что выращивание вешенки происходит в шампиньонницах без существенной реконструкции. Недостаток в том, что трудно достигнуть равномерного освещения. Ключ к успеху этой технологии в подборе видов и штаммов вешенки, которые образуют сростки плодовых тел строго по месту перфорации. Идеально, если примордии вешенки формируются в каждом отверстии.

**Вариант 2.**

Культивирование Pleurotus sajor-caju на горизонтальных стеллажах в шампиньонницах освоено в Канаде. Субстрат увлажняют до 70%, добавляют 3% соевой муки и пастеризуют прямо на стеллажах размером 1,52х1,52 м, высота слоя субстрата 15 см. Плотность укладки субстрата 0,3 кг/м³. Субстрат инокулируют, прикатывают и сверху расстилают пленку толщиной 20 микрон, перфорированную. Сверху накрывают субстрат еще одним неперфорированным слоем пленки. Субстрат инкубируют 10-14 дней при 26-28°С и нерегулируемой влажности. После инкубации снимают верхнюю пленку, а перфорированная остается. Плодоношение проходит строго по местам перфорации, т.к. пленка очень хорошо и плотно облегает субстрат.



**Вертикальный стеллаж - стенка.**

Горизонтальные стеллажи с субстратом, покрытым пленкой, и прижатым пластиковой или металлической сеткой можно развернуть в вертикальное положение, чтобы образовалась вертикальная стенка. Глубина слоя субстрата или ширина стенки не должна превышать 30 см, что обеспечивает внутри субстрата аэробные условия и не вызывает перегрева. Вертикальные стенки можно легко составить из стеллажей размером 120х120 см или 120х240 см, которые открыты с одной стороны и легко заполняются.

**Наклонный стеллаж - типа А.**

Стеллажи с субстратом размещают под наклоном, что улучшает условия освещенности. Стеллаж напоминает букву "А". Используют такие же конструкции, как и в варианте вертикальных стеллажей. Система достаточно удобна в эксплуатации.

### 3.1.2. Пакеты.

**Типы пленок.**

Пластиковые пакеты являются удобным, недорогим, портативным и одноразовым контейнером для субстрата. Пакеты из полипропилена, выдерживающие температуру 135°С используют в основном в стерильных технологиях приготовления субстрата или в производстве мицелия. Для стерильных технологий можно также использовать пакеты из полиэтилена высокой плотности, выдерживающего 120°С. Для культивирования большинства ксилотрофных грибов необходима термостойкая, биодеградируемая и немного воздухопроницаемая пленка, по типу целлофана, но более водоудерживающая и менее "съедобная" для грибов. Для нестерильных технологий с умеренной термической обработкой используют либо полиэтилен, либо поливинилхлоридную пленку (PVC). Пакетная технология была разработана первоначально для выращивания шампиньонов. Пакеты исключают контакт между мешками, между мешками и элементами стеллажей. Это в целом ограничивает перекрестное заражение и распространение инфекции. Пленка удерживает углекислый газ в субстрате, стимулируя рост мицелия вешенки, снижает потери сухого веса с $CO_2$, существенно ограничивает высыхание субстрата. Прозрачная пленка позволяет наблюдать процесс развития мицелия в субстрате, но иногда способствует образованию слишком большого числа примордиев. Мешки из черной пленки благоприятствуют образованию примордиев преимущественно по местам перфорации, где они индуцируются светом.

В последнее время стали применять самообжимающуюся пленку, которая по мере уменьшения объема субстрата также уменьшается в размере. Ее используют в основном при формировании (прессовании) блоков в автоматизированных линиях. Такая пленка имеет толщину около 20 микрон и немного пропускает воздух.

Большинство используемых пленок для пакетных технологий имеют толщину от 40 до 100 микрон. Чем толще пленка, тем она жестче и хуже обтягивает субстрат. В таком случае возникают воздушные полости между субстратом и пленкой, где образуются примордии, в последующем погибающие без прорезания пленки. Более тонкая пленка лучше обтягивает субстрат, легче растягивается. Как полиэтиленовая, так и полипропиленовая пленка слабо пропускает воздух, поэтому их перфорируют или вклеивают микропористый фильтр (для стерильной технологии). Характеристика некоторых полимерных пленок дана в табл. 24.

Таблица 24

**Свойства полимерных пленок**

| Тип пленки | Показатели (для пленки толщиной 25 мкм) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Т° плавления | Проницаемость водяных паров г/м² 24 часа* | Проницаемость кислорода см³/м² 24 часа | Проницаемость $CO_2$ см³/м² 24 часа |
| Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) | 95° | 15-20 | 6500-8500 | 30000-40000 |
| Линейный ПЭНП | 118° | | | |
| Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) | 121° | 5 | 1600-2000 | 8000-10000 |
| Полипропилен неориентированный (НПП) двуосно-ориентированный (ДОПП) | 135-150° | 7-20 | 2000-3700 | 7500-10000 |
| Поливинилхлорид (ПВХ) | ~ 100° | 15-40 | 100-350 | 0-1000 |
| ЭВА - сополимер этилена и винилового спирта | ~ 100° | 50-60 | 11000-14000 | 40000-50000 |
| Поливинилиденхлорид ПВДХ | 120-158° | 1,5-5,0 | 8-25 | 50 |
| Целлофан - MS (двухстороннее свариваемое нитратцеллюлозное покрытие | >130° | 5-15 | 670 (сухая) | 985 (сухая) |
| Ацетат целлюлозы | >100° | 100-320 | 2000-3000 | 15500 |
| Полиамид (ПА-11) | 145° | 40-80 | 500 | 1900 |
| Поликарбонат | >150° | 77-93 | 4500 | 27000 |

* при t° +90°C и RH=90%

**Пакеты для стерильных технологий.**

Для стерильной технологии используют пакеты из термостойкой полипропиленовой пленки или полиэтилена высокой плотности. Увлажнённый субстрат фасуют в пакеты и стерилизуют в автоклавах. Полипропиленовые пакеты используют уже более 40 лет. Пакеты бывают двумерными, например, 25х40 см, и трехмерными - 25х40х10 см, где 10 см - это "толщина" пакета у основания.

Самый первый патент на пакет для выращивания стерильного мицелия был получен в 1958 году (Франция). Пакет продевался через кольцо, и отверстие затыкали ватно-марлевой пробкой. Такого типа пакеты сейчас широко распространены в Юго-Восточной Азии и применяются для выращивания по стерильной технологии многих видов ксилотрофных грибов.

Сейчас выпускают двух- и трехмерные пакеты с микропористыми фильтрами, обеспечивающими газообмен. Особенное внимание надо обращать на целостность мешков и хорошее качество клейки фильтра. Материал пакета не должен трескаться после стерилизации. Размеры пакетов для стерильной технологии небольшие и рассчитаны на 1-4 кг субстрата. Пакеты с кольцом закрывают ватно-марлевой пробкой или ватой. Пакеты с микропористым фильтром заклеивают, но только после обработки и инокуляции. Пакеты заполняют на 1/2 2/3 объема субстратом, закручивают верхнюю часть пакетов, зажимая его прищепками. После стерилизации и охлаждения пакеты открывают в боксе, инокулируют мицелием и заклеивают машинкой или специальным клеем или просто завязывают сверху.

Если имеется устройство для стерилизации субстрата в массе и последующей расфасовки его в пакеты с соблюдением условий стерильности, то тогда возможно использование обычных полиэтиленовых пакетов, которые закрываются через кольцо ватной пробкой.

В случае стерилизации субстрата физическими методами радиационные гамма-установки - также возможно использование обычных п/э пакетов с ватной пробкой. Во всех случаях масса обработанного субстрата не может быть очень большой, так как качество обработки при этом резко снижается.



**Пакеты для нестерильной технологии.**

Пакеты для нестерильной технологии делают из полиэтилена. Так как полиэтилен не пропускает воздуха, то пакеты перфорируют. Масса субстрата в пакетах меняется в зависимости от местных традиций: в Юго-Восточной Азии чаще используют небольшие по массе блоки 2-6 кг, в Европе и Америке крупные блоки субстрата 6-30 кг. Пакеты склеивают из пленки или делают из рукава. Небольшие пакеты делают из тонкой пленки 40-60 мкрн, более массивные из пленки толщиной 80-120 микрон. Форма пакетов может быть удлиненно-цилиндрической 20-30х70-100 см или кубической 25-35х30-40 см. Диаметр пакетов делают от 20 до 35 см, больший диаметр приведет к перегреву субстрата.

Пакеты, имеющие кубические габариты, удобно ставить на горизонтальный стеллаж, они не нуждаются в подвязке.

Цилиндрические удлиненные пакеты приходится крепить, подвязывая к стеллажным стойкам.

Современные автоматизированные линии приготовления субстрата имеют пресс-аппараты, которые прессуют блоки и оборачивают их тонкой самообжимающейся пленкой толщиной 20 микрон. Из таких блоков удобно сооружать самоподдерживающиеся стенки, в которых блоки расположены в 3-4 ярусах.

Параметры некоторых типов блоков приведены в табл. 25.

Таблица 25

**Параметры субстратных блоков**

| Показатели | Прессованный блок | Мешок кубический | Мешок цилиндрический |
|---|---|---|---|
| Размер | 35х45х25 см | диаметр 35х35 см | диаметр 35х60 см |
| Масса, кг | 12,5 | 15 | 25 |
| Объем, л | 40 | 31 | 58 |
| Плотность, кг/л | 0,31 | 0,48 | 0,43 |
| Общая поверхность, м² | 0,715 | 0,38 | 0,66 |
| Перфорация: диаметр, мм | 10 | 15 | 25 |
| Количество | 132 | 60 | 44 |
| площадь (%) | 4,6 | 3,0 | 4,0 |

**Размещение пакетов.**

**1. Горизонтальный стеллаж.**

Небольшие пакеты, особенно кубической формы легко размещаются на поверхностях многоярусных стеллажей. Плодоношение может быть со всех боковых поверхностей и сверху. Heltay применял 10-ярусные стеллажи с плоскими пакетами.

**2. Наклонный стеллаж (тип А).**

Мешки с субстратом устанавливают друг на друга в сплошную стенку. Наклон стеллажа обеспечивает хорошие условия освещения. Помещения при такой системе заполняются плотно, а работать по сбору грибов удобно. Перекрестное заражение ограничено, так как порции субстрата находятся в пленке. Пленку для плодоношения открывают только с одной стороны. Высота мешков при такой системе небольшая 20-30 см.

**3. Вертикальная стенка.**

Мешки размещают горизонтально друг на друге в сплошную стенку. Через 50-70 см располагают опорные ярусы, на которых и размещают мешки. Плодоношение может быть с одной или с двух сторон мешка. Система очень компактна и популярна в Юго-Восточной Азии, где используют небольшие цилиндрические пакеты диаметром 10-15 см и длиной 20-35 см.

**4. Напольное расположение.**

Мешки или блоки кубической формы располагают прямо на полу в один или 2-3 яруса, ставя блоки друг на друга. Система не требует крепежа или стеллажей. Если имеются большие площади, такая система весьма удобна и дешева.

**5. Стержневая система.**

Пакеты натыкают на стержни по несколько штук высотой до 2 м. Система очень удобна, особенно если на 2-й или 3-й волне необходимо снимать пленку для плодоношения. Heltay разработал специальные поддоны со штырями, которые перевозятся электрокарами и устанавливаются в камерах. В теплицах стержни из металла втыкают в грунт и нанизывают на них небольшие округлые блоки.

**6. Подвесная система.**

Пакеты подвязывают или подвешивают на крючках в 1 или 2-3 яруса. Система удобна тем, что все время происходит самообжимание субстрата пленкой, и плодоношение проходит нормально через одну и ту же перфорацию на 2-3-й волнах. Кроме того, свободные полы легче убирать от мусора.

**7. Вертикальные стеллажи.**

а) Длинные цилиндрические мешки (70-100 см длиной) размещают в 2-3 яруса на стеллажах, подвязывая к металлическим опорам. Система позволяет размещать 120-140 кг субстрата на 1 м² общей площади.

б) Мешки не подвязывают, а ставят на нижнюю опору и наклоняют к боковой опоре. Мешки можно располагать вплотную друг к другу. Система позволяет размещать более 150 кг субстрата на 1 м².

**8. Колодцы.**

Длинные цилиндрические мешки укладывают на поддоны друг на друга в виде колодца в 5-6 слоев. Перфорация делается только с наружной стороны после фасовки и укладки в колодцы. Система очень простая и дешевая. Применяется в случае наличия больших площадей выращивания.

9. Самоподдерживающиеся стенки.

Мешки укладывают друг на друга горизонтально, в несколько слоев (3-5). Плодоношение происходит с обеих боковых поверхностей. Очень простая и дешевая система. Мешки для прочности стенки иногда прокалывают штырями.

**10. Транспортируемые стеллажи.**

Heltay разработал стеллажи, транспортируемые на электрокарах, так называемые транспортируемые этажерки -ТЭ. ТЭ имеет следующие габариты: ширина - 50 см, длина - 120 см, высота - 195 см. Одна ТЭ вмещает 20 блоков по 14,3 кг или 286 кг субстрата. Этажерки заполняются автоматически. Все время культивации блоки находятся на этажерках, поэтому не повреждаются. Во время перевозки из камеры инкубации в камеру плодоношения или на сателлитные предприятия блоки не повреждаются и дают хороший урожай. По окончании плодоношения этажерки пропаривают вместе с отработанным субстратом, затем субстрат вывозят, а этажерки опять заполняют (после дополнительной дезинфекции) свежими блоками.

### 3.1.3. Колонны.

Выращивание вешенки в колоннах из п/э пленки или пластиковых труб дает возможность получать плодовые тела по природному типу. В природе гриб вешенка растет на вертикальных поверхностях древесных стволов, образуя большие сростки плодовых тел. Масса сростков варьирует от 0,1 до 2-3 кг. Сростки собирать легче, чем отдельные грибы. Кроме того, они лучше хранятся. Сейчас уже разработаны автоматические линии для паковки колонн из п/э пленки. Субстрат подается шнеком в бункер, с которого производится загрузка колонн. Длина колонны составляет 2-3 м, диаметр от 25 до 35 см. Пленка толщиной 100-150 микрон. Рукав пленки закрепляют у горла воронки, нижний узел рукава не доходит до пола 10-15 см. При фасовке колонны пленка растягивается и достигает пола. У дна колонны делают отверстия для выхода воздуха и стока излишней влаги. Во время заполнения колонну поднимают и опускают, утрамбовывая субстрат. Субстрат должен плотно прилегать к пленке без воздушных полостей. Масса колонны от 40 до 60 кг. После завязывания верха колонны ее переворачивают верхом вниз и субстрат доуплотняется в бывшей верхней части. Колонны перевозят в камеру инкубации, подвешивают и после этого перфорируют по всей длине. На колонну делают от 200 до 400 отверстий крестообразных с центральным отверстием диаметром 3 мм и прорезями по 2-3 см длиной.

В колонне под давлением массы субстрата все время происходит усадка субстрата по высоте и сохранение плотной структуры в нижней части колонны. Это позволяет делать перфорацию только один раз и снимать 3-4 волны плодоношения без особых трудностей.

Для транспортировки колонн используют различные подвесные монорельсовые системы. Имеются варианты колонн из пластиковых перфорированных труб, металлических труб с центральным стержнем, выполняющим роль опоры, а также водоснабжения или аэратора. Однако такие системы весьма дороги. Колонны из полиэтилена наиболее дешевый и удобный вариант.

45 × 58 = 2600



### 3.1.4. Ящики.

Ящики используют либо для заращивания субстратного блока (инкубационные ящики), либо во все время культивации. В первом случае после полного обрастания субстрата формируется достаточно плотный блок, который вынимают из ящика и выставляют в помещении плодоношения на стеллажах по отдельности или в виде стенок. Перед закладкой субстрата в ящике устанавливают крест на крест две полосы полиэтиленовой пленки, которыми после прессования закрывают субстрат сверху. Полиэтилен предотвращает высыхание субстрата и улучшает условия инкубации мицелия (накопление $CO_2$). Однако небольшой уровень воздухообмена должен быть обязательно. Плодоношение на открытых блоках (без пленки) обычно проходит несколько быстрее, однако урожайность чуть ниже, чем при закрытой системе, так как довольно много сухого вещества субстрата улетает с $CO_2$. Кроме того, размер плодовых тел вешенки на открытой системе меньше, чем при закрытой системе. Зависимость размера грибов и урожая от площади открытой поверхности представлена в табл. 26.

Таблица 26

**Зависимость урожая и размера плодовых тел вешенки от площади открытой поверхности**

| Открытая поверхность (S) | Урожай (% от сырой массы) | Размер грибов (диаметр шляпки, см) |
|---|---|---|
| 100% | 8-12 | 3-4 |
| 5% | 22-28 | 6-10 |
| 0,2% | 8-10 | 5-6 |

При уменьшении площади открытой поверхности грибы растут более крупными и в более массивных сростках. Однако слишком ограниченная открытая поверхность (менее 1%) снижает урожайность и размер грибов.

Период инкубации занимает обычно 2-3 недели. При использовании ящиков только для инкубации оборотность тары возрастает существенно. Используют различные по размерам варианты пластиковых ящиков, вмещающие от 6 до 30 кг субстрата. Материал ящика должен достаточно хорошо очищаться, отмываться, пропускать тепло, быть прочным и соответствовать санитарным требованиям.

Культивирования в ящиках от инокуляции до окончания плодоношения снижает оборотность тары в 2-3 раза по сравнению с "инкубационными" ящиками. Система является достаточно дорогой. Однако с другой стороны удобная пластиковая тара может хорошо вписаться в механизированную или автоматизированную систему. Ящики можно располагать в виде вертикальных самоподдерживающих стенок шириной 30-40 см и высотой до 2 м, плодоносящей с обеих сторон через перфорацию в ящиках.

Недостаток этой системы в необходимости тщательного отмывания ящиков и их дезинфекции, что приводит к быстрому износу пластика ящика и, кроме того, требует больших трудозатрат.

### 3.1.5. Банки и бутыли.

Банки и бутыли используют в качестве многоразовых емкостей при культивировании многих видов ксилотрофных грибов по стерильной технологии. Начало было положено в 70-х годах, когда San Antonio опубликовал метод выращивания съедобных грибов в бутылях. Аналогичная технология была еще раньше разработана в Венгрии в конце 60-х годов. В это же время в Юго-Восточной Азии были разработаны стерильные технологии культивирования таких грибов как Flammulina, Auricularia, Ganoderma, Hypsizigus.

Достоинство стерильной технологии в том, что процесс высоко структурирован и компартментализован. Он легко вписывается во многие автоматизированные системы производства продуктов питания в аналогичной таре.

Банки и бутыли изготавливают из стекла или термостойкого полипропилена. Закрывают тару завинчивающимися крышками с перфорацией, снабженной микропористыми фильтрами. Банки и бутыли заполняют субстратом, хорошо уплотняя его. Сверху оставляют пространство в 1-2 см для размещения мицелия. Для стерильной технологии объем емкостей обычно небольшой и вмещает 1-3 кг субстрата. Диаметр горлышка лучше выбирать среднего размера 40-60 мм. Меньший размер затрудняет инокуля-

2600 – 67
x – 100

x = 67/2600 = 0,25%

цию, больший усиливает опасность заражения. Емкости стерилизуют 1,5-2,5 часа при 1,5-2,0 атмосферах в стерилизаторах (автоклавах). После охлаждения в стерильном боксе инокулируют зерновым мицелием или жидким мицелием. Зерновой мицелий раскладывают тонким сплошным слоем сверху - это поверхностная инокуляция. Можно делать в субстрате колышком углубление, вносить мицелий в канал и распределять по поверхности. В последнем случае скорость освоения субстрата увеличивается, также, правда, как и норма расхода посевного мицелия. Такой тип инокуляции возможен только в твердой таре.

В случае поверхностной инокуляции мицелий развивается на верхней поверхности субстрата, формирует сплошной мицелиальный мат, защищающий субстрат от инфекции, и затем медленно растет в глубь. Растущий мицелий ингибирует образование грибов на поверхности пока не произойдет полное освоение субстрата. Грибы возникают на месте наиболее зрелого мицелия, т.е. на верхней поверхности. Боковые стороны и дно плодоносят редко.

Применение жидкого мицелия существенно ускоряет колонизацию субстрата в бутылях и банках. Жидкий мицелий позволяет осуществить высокопроизводительную технологию на автоматизированных линиях. Многочисленные мелкие пеллеты жидкого мицелия распределяются в субстрате и быстро колонизируют его. Бутыли и банки расставляют горизонтально на стеллажах или вертикально в стенках. В Японии по такой технологии выращивают тысячи тонн грибов: фламмулину, гипсицигус и др.

Первой интенсивной технологией выращивания вешенки была стерильная технология, разработанная в Венгрии. Использовали 3-5 л банки из стекла. Для вешенки эта технология оказалась слишком дорогостоящей. Однако в последнее время в связи с использованием термостойких пластиковых бутылей и пакетов, а также сильнообогащенных субстратов появилась возможность получать урожай на уровне 200% биологической эффективности и даже выше, что может быть уже экономически целесообразным.

Банки и бутыли можно размещать на горизонтальных стеллажах или укладывать их боком и сооружать из них стенки, плодоносящие с одной или двух сторон.

Интересная особенность банок и бутылей состоит в том, что плодоношение вешенки в них проходит одинаково хорошо как на горизонтальной, так и вертикальной поверхности. В Юго-Восточной Азии используют узкие цилиндрические полипропиленовые пакеты (диаметр 10-15 см), которые закрывают кольцом с пробкой. Такой пакет напоминает банку или бутыль, но используется один раз. Пакеты плотно фасуют субстратом в специальных прессовочных устройствах. Размещают пакеты также как бутыли: горизонтально на стеллажах или вертикально в стенках. Плодоношение происходит через кольцо (диаметр 50-60 мм) таким же образом, как через горлышко бутыли.

### 3.2. Воздухообмен субстратных блоков.

#### 3.2.1. Перфорация пленки

Инокулированный субстрат, покрытый пленкой, защищен от высыхания, так как под пленкой относительная влажность воздуха приближается к 100%. Пленка задерживает до 98% испарения с поверхности субстрата. Кроме того, пленка ограничивает воздухообмен, создавая внутри субстрата избыток $CO_2$, что стимулирует рост мицелия вешенки. Однако вешенка аэробный организм, которому необходим кислород для нормальной жизнедеятельности. Оптимальный уровень $CO_2$ для роста мицелия вешенки внутри субстрата 20-25%. Для создания такой концентрации $CO_2$ пленку перфорируют так, чтобы площадь открытой поверхности субстрата не превышала 3-6%. Есть разные типы перфорации:

1) Микроперфорация.
   В пленке делают отверстия диаметром 1-3 мм, в количестве от 100 до 500 на м² пленки.
2) Макроперфорация.
   Круглые отверстия диаметром 10-35 мм, в количестве от 50 до 300 на м² пленки.
3) Смешанный тип.
   Микроперфорация (3 мм) с крестообразными прорезями длиной 25-35 мм (Stamets).
4) Прорези.

Крестообразные (25-35х25-35 мм), продольные (40-80 мм), угловидные (30-40 мм).

Пленка имеет различную проницаемость для кислорода в зависимости от состава и толщины слоя. Чем толще пленка, тем меньше ее проницаемость для воды, кислорода и углекислого газа. Только для варианта прессованных блоков субстрата, упакованных в тонкую пленку (20 мкм) имеет смысл учитывать эти свойства пленки. Обычно используемые пленки толщиной 80-120 мкм малопроницаемы для воздуха и воды.



С помощью перфорации можно регулировать размер отдельных грибов и грибных сростков вешенки. Выход грибов зависит от массы субстрата в емкости. Допустим, что субстратный блок выдает за одну волну 2 кг грибов. Если мы имеем на блоке 20 мелких перфораций (диаметром 10-15 мм), то каждая из них даст небольшие сростки примерно по 100 г. Если блок имеет 4-6 крупных прорезей (6-8 см), то на каждой из них образуется крупная друза по 400-500 г, состоящая из множества мелких и средних грибов. Если на блоке будет 8-10 средних отверстий (диаметром 20-30 мм), в них образуются сростки по 200-250 г, содержащие средние и, возможно, крупные грибы. На полностью открытой поверхности блока образуется много довольно мелких грибов, собирать которые труднее, чем крупные, компактные сростки.

#### 3.2.2. Фильтры.

Для стерильной технологии емкости закрывают фильтрами, которые обеспечивают сохранение стерильности субстрата.

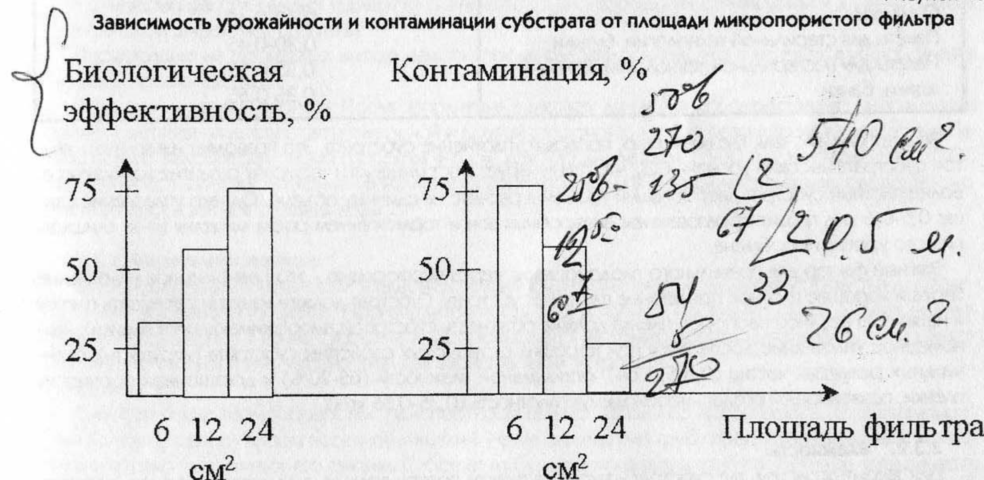
Используют различные типы фильтров:

1) Ватные пробки (из плотно скрученной ваты) для бутылей;
2) Ватно-марлевая пробка для бутылей;
3) Асбестовый микропористый фильтр для банок;
4) Микропористые полиамидные или фторопластовые фильтры для п/п пакетов.

Для полипропиленовых термостойких пакетов вклеивают в пленку микропористые фильтры в виде кружков, квадратов или полосок. Фильтр лимитирует газообмен в пакетах. Чем меньше размер фильтра, тем больший уровень $CO_2$ накапливается в субстрате. Если он превышает 25%, то начинается торможение роста мицелия. Инфицируемость субстрата также увеличивается при малом размере фильтра еще и потому, что диффузия газов через меньшую площадь фильтра происходит с большей скоростью и вызывает контаминацию или инфицирование (рис. 20).

Рисунок 20

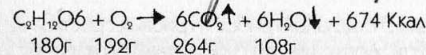
**Зависимость урожайности и контаминации субстрата от площади микропористого фильтра**




#### 3.2.3. Открытые системы.

Открытые системы культивирования широко распространены в странах Юго-Восточной Азии, где этому благоприятствует влажный, теплый морской климат.

Субстрат инкубируют в пленке и после инкубации, снимают пленку и выставляют блоки на плодоношение. Субстрат полностью открыт, и воздухообмен проходит достаточно интенсивно. Для открытых систем характерны большие потери $CO_2$, который свободно диффундирует из субстрата. Выделение $CO_2$ составляет в период плодообразования 0,1 г на 1 кг субстрата в час. При "сгорании" углеводов из субстрата выделяется тепло, углекислый газ и вода:



$C_6H_{12}O6 + O_2 \rightarrow 6CO_2\uparrow + 6H_2O\downarrow + 674$ Ккал
180г 192г 264г 108г

Около 30% энергии расходуется на поддержание метаболизма мицелия, а 70% выделяется в окружающую среду. Для выращивания 1 кг грибов требуется 220 г сухого вещества, из которых 90 г входят в состав плодовых тел, а 130 г сгорают для обеспечения энергией.

Zadrazil приводит следующие данные для выращивания вешенки на соломистом субстрате в открытой системе: за цикл плодоношения с 1 кг сухого вещества субстрата 50% углерода улетает с $CO_2$ (~ 250 г), 20% превращается в биологическую воду, 10% переходит в состав плодовых тел (= 1кг сырого веса грибов) и 45% остается в виде отработанного субстрата.

Преимущества открытой системы в том, что цикл культивации происходит быстрее, возможно эффективное увлажнение субстрата снаружи, обработка дезинфектантами. Однако недостатки тоже существенны: большие потери сухого вещества, мелкие грибы, увеличение опасности заражения, повышенная чувствительность к условиям климата.

### 3.3. Физико-химические параметры субстратного блока.

#### 3.3.1. Плотность субстрата.

Плотность субстрата должны быть достаточно высокой, чтобы сформировался крепкий, цельный, не разваливающийся продукционный блок. Слишком рыхлая структура не обеспечит прочной связи компонентов субстрата. Для различных типов контейнеров характерен свой уровень уплотнения (табл. 27).

Таблица 27

**Плотность субстрата для различных типов контейнеров**

| Тип контейнера | Плотность (кг/л, т/м$^3$) |
|---|---|
| Стеллажи | 0,30-0,40 |
| Пакеты для стерильной технологии, бутыли | 0,30-0,45 |
| Пакеты для нестерильной технологии, колонны | 0,35-0,55 |
| ящики, банки | 0,35-0,55 |

Во всех случаях, там, где возможно, проводят уплотнение субстрата. Это позволяет накапливать внутри субстрата высокий уровень $CO_2$, что стимулирует рост мицелия и тормозит развитие конкурентов. Более плотный субстрат дает больший урожай в расчете на единицу объема. Однако уплотнение свыше 0,5-0,6 кг/л грозит образованием анаэробных зон и торможением роста мицелия из-за слишком низкого уровня газообмена.

Важный фактор для правильного плодоношения через перфорацию - это равномерное уплотнение блока и хорошее плотное прилегание пленки к субстрату. Субстрат должен изнутри распирать пленку и натягивать ее, либо наоборот, пленка должна обтягивать субстрат (самообжимающиеся пленки). Равномерное уплотнение достигается при хороших структурных свойствах субстрата (упругость), оптимальных размерах частиц (0,5-5,0 см), оптимальной влажности (65-70%) и достаточной прочности пленки, позволяющей создать необходимую плотность (0,35-0,55 кг/л).

#### 3.3.2. Влажность.

Для закрытых систем, где субстрат упакован в пленку, потери воды за счет испарения очень незначительны. Пленка снижает испарение по сравнению с открытой системой на 95-98%. Поэтому оптимальная влажность субстрата для закрытых систем 65-70%. Во время инкубации выделяется также внутри блока "биологическая вода" (при метаболических реакциях мицелия вешенки), что может привести к переувлажнению субстрата. Для открытых систем влажность субстрата надо поддерживать на максимально возможном уровне (75-78%) и периодически между волнами плодоношения с помощью полива доувлажнять субстрат до необходимого уровня.

Для стерильной технологии, где используют пакеты или бутыли с фильтрами, переувлажнение особенно опасно, так как испарение очень незначительно, а появление свободной воды создает опасность развития бактериальной инфекции. Так для зерна, при производстве зернового мицелия, оптимальная



влажность составляет 45-55%, а для субстратного мицелия и субстратов в стерильной технологии - около 60%.

#### 3.3.3. pH.

В процессе термообработки pH субстрата может существенно изменяться. В момент инокуляции и фасовки pH субстрата должен быть слабощелочным (7,5-8,5), чтобы ограничить развитие конкурентных плесеней. Для стерильных технологий pH субстрата в емкостях может иметь слабокислую реакцию (5,5-7,0) или нейтральную - более благоприятную для роста мицелия вешенки (при отсутствии конкурентов).

### 3.4. Формирование блоков.

#### 3.4.1. Ручное.

На многих фермах субстратные блоки для выращивания вешенки формируют вручную. Субстрат смешивают с мицелием на рабочих столах и руками вносят в п/э емкости или п/э ящики. По мере наполнения емкости субстрат уплотняют руками, толкушками или путем встряхивания пакетов. Для удобства фасовки на рабочих столах делают бортики и специальные проемы для крепления п/э мешков. Субстрат руками направляют в проем, и он падает в п/э мешок. По мере наполнения мешок приподнимают и ударяют об пол, уплотняя субстрат. Если мешок завязывается шнуром с двух сторон (заготовка из п/э рукава), то после заполнения и завязывания мешка, его можно перевернуть и "доуплотнить"

При послойной инокуляции в п/э пакеты закладывают слой субстрата (5-7 см) рассыпают немного посевного мицелия, вносят следующую порцию субстрата и уплотняют. Таким образом, операции повторяют, пока заполнится вся емкость. Склеенные двумерные пакеты имеют один недостаток - при наполнении у них остаются пустыми углы. Если пакеты делают из рукава, завязывая его с двух сторон такого не происходит и, кроме того, рукав всегда прочнее, чем пакет и его можно плотнее фасовать.

На качество фасовки влияет и диаметр п/э мешка. Трудно хорошо уплотнить узкий и длинный мешок или слишком широкий и короткий.

Перфорацию на п/э мешках иногда наносят после фасовки, считая, что в неповрежденной пленке лучше уплотнять субстрат.

Возможен и другой вариант. После заполнения в мешках делают микроперфорацию (заполненные мешки опускают на доску с гвоздями одной и другой стороной), а после размещения в камере инкубации делают макроперфорацию (прорези 4-6 см; круглую диаметром 20-30 мм; крестовидную 30х30 мм). Если есть опасность скопления излишней свободной воды в нижней части мешка, там делают несколько прорезей для стекания воды.

#### 3.4.2. Механизированное.

В последние годы в некоторых хозяйствах появились небольшие самодельные устройства для прессования субстрата в п/э мешки. Производительность этих устройств составляет около 1 емкости в минуту или, примерно, 1 тонна субстрата в час. Повышается не только производительность, но и качество уплотнения субстрата. Рассмотрим два варианта таких устройств.

Вариант 1.

Субстрат после термообработки транспортером подается в бункер прессовщика. Во время движения по транспортеру вносят посевной мицелий. На металлическую трубу прессовщика одевают п/э мешок и крепко удерживают его руками. Субстрат из бункера попадает в трубу и поршнем заталкивается в мешок. Для заполнения мешка требуется 7-10 движений поршня. Устройство хорошо забивает субстратом 2/3 мешка, а верх получается довольно рыхлым и его приходится уплотнять вручную. Прессовщики такого типа работают на основе механики (кривошип) или пневматики (сжатый воздух), последний вариант предпочтительнее.

Вариант 2.

Субстрат транспортером подается в бункер прессовщика. В бункере в субстрат вносят посевной мицелий. Объем заполнения бункера стабильный и соответствует объему субстратного блока. Затем весь объем субстрата в бункере спрессовывается в плотную "трубу" и поршнем выдавливается в п/э мешок. Попадая в мешок, субстрат слегка расширяется и обеспечивает очень качественное, плотное прилегание по всей поверхности пленки. Устройство несколько сложнее в изготовлении, но качество прессовки лучше, чем в варианте 1.

#### 3.4.3. Автоматизированное.

В настоящее время созданы автоматизированные линии по расфасовке инокулированного субстрата, как для стерильной технологии (бутыли, банки), так и для нестерильной технологии (пакеты, колонны, блоки). В европейских странах используются фасовочные линии производительностью от 400 до 2000 пакетов в час или 30-100 тонн субстрата в смену. Рассмотрим два основных типа линий.

**Вариант 1.**

Субстрат после термообработки подается в смесительное устройство, где вносят посевной мицелий. Затем инокулированный субстрат попадает в прессовщик, где из него формуют различной формы блоки (чаще кубические) и сверху оборачивают п/э пленкой, которую сваривают и тут же перфорируют. Блоки по транспортеру поступают в транспортные устройства (тележки, машины), которые доставляют их к месту инкубации. Кубические блоки очень удобны. Их расставляют в помещениях друг на друга в 3-4 яруса без какого-либо крепежа. Кубические емкости удобны в транспортировке. Плотность субстрата в емкостях небольшая (0,35 0,40 кг/л), хорошее прилегание обеспечивается за счет использования тонкой пленки и расширения субстрата после прессования.

**Вариант 2.**

Используют различные линии, разработанные для наполнения пластиковых мешков шампиньонным компостом.

Субстрат транспортером подается к загрузчику бункера. В бункере стоит дозатор мицелия. Инокулированный субстрат подается конвейером в 5-ти позиционную машину для наполнения мешков. Машина имеет 5 позиций для обслуживания мешков. Смесь загружается в мешок (позиция 1), затем прессуется в мешке (позиция 2), потом закрывается (позиция 3) и освобождается, поступая по ленточному конвейеру в транспортный автомобиль (позиция 4). В позиции 5 мешок крепят к машине наполнения.

### 3.5. Инокуляция

#### 3.5.1. Виды и штаммы вешенки

Из сорока видов вешенки (Pleurotus) в настоящее время культивируют около десяти видов (табл. 28).

Таблица 28.

**Характеристика культивируемых видов вешенки**

| Название: русское | Название: латинское | Температура плодоношения (°С) | Окраска плодовых тел | Распространение |
|---|---|---|---|---|
| Вешенка обыкновенная | Pleurotus ostreatus | 8-14 | серая-темносерая | Умеренный пояс |
| Вешенка легочная | P. pulmonarius | 12-18 | светло-бежевая | Умеренный пояс |
| Вешенка флоридская | P. florida | 18-32 | светло-бежевая, оранжевая | Субтропики |
| Вешенка степная | P. eryngii | 18-25 | серая | Южная Европа |
| Вешенка лимонно-желтая | P. citrinopiliatus | 20-35 | лимонно-желтая | Дальний Восток |
| Вешенка рожковидная | P. cornucopiae | 16-25 | светло-серая, светло-бежевая | Умеренный пояс |
| Вешенка абалоне | P. cystidiosus | 25-35 | серая, светло-серая | Тропический пояс |
| Вешенка сака | P. sajor-caju | 18-32 | серо-коричневая | Юго-Восток Азии |
| Вешенка голубая | P. columbinus | 12-16 | голубоватая, серо-коричневая | Умеренная зона |
| Вешенка розовая | P. flabellatus | 18-32 | розовая, светло-розовая | Тропический и субтропический пояс |

В Европейских странах выращивают вешенку, приспособленную к умеренному и теплому климату. Это такие виды как Pleurotus ostreatus, P. cornucopiae, P. columbinus, P. eryngii, P. pulmonarius. Широкое распространение получили гибриды вешенки от скрещивания P. ostreatus и P. florida.

**Штаммы вешенки.**

Основные поставщики мицелия вешенки в Европе это фирмы Sylvan (Somycel) в Венгрии и Франции, Hauser-Claron в Швейцарии, Italspawn в Италии. Одни и те же штаммы, выпускаемые разными лабораториями, имеют различное наименование. В таблице 29 дана характеристика некоторых штаммов вешенки, распространенных в Европе.



Штаммы вешенки можно разделить на две основные группы:

1) Штаммы "холодолюбивые", плодоносящие при температуре ниже 15°С. Это преимущественно штаммы P. ostreatus. Окраска плодовых тел темно-серая или темно-коричневая. Сростки мясистые, отличного качества. Штаммы этой группы (Px, P1, P4) предназначались для культивирования в осенне-зимний период в слабо отапливаемых помещениях.

2) Штаммы "теплолюбивые", плодоносящие при температуре выше 15°С. Это "гибридные" штаммы P. ostreatus (НК-35) или штаммы более теплолюбивых видов вешенки (P40, P20, P50, P30, P74, P77).

Штамм Px наиболее распространен в культивировании из "холодолюбивых" штаммов вешенки. Px образует увесистые, мясистые плодовые тела пепельно-серого или коричневого цвета. Сростки большие. Грибы отличного качества, неломкие, удобные в транспортировке. Грибы появляются через 25 дней после инокуляции субстрата. Во время плодоношения оптимальная температура составляет 13-15°С при достаточно высоком уровне вентиляции.

В Европейской части культивируют преимущественно штаммы вешенки обыкновенной или гибридные штаммы, полученные скрещиванием P. ostreatus и P. florida. В отличие от P. ostreatus гибридные штаммы имеют более широкий диапазон температуры плодоношения (14-25) и не требуют холодного шока для инициации зачатков грибов.

Таблица 29

**Характеристика штаммов вешенки**
**(Зарубежные фирмы-производители)**

| Somycel | Hauser-Claron | Italspawn | Температура плодоношения (°С) | Период до сбора I волны плодоношения |
|---|---|---|---|---|
| 30004 | $P_4$ | | 12-15 | 25-31 |
| 30001 | $P_1$ | - | 12-15 | 16-20 |
| 30030[1] | $P_{40}$ | | 12-25 | 20-22 |
| 3014[6] | $P_{20}$ | | 12-25 | 20-24 |
| 3040[2] | $P_{50}$ | | 21-23 | 25-30 |
| 3056[4] | $P_{30}$ | | 18-20 | 30-35 |
| НК-35[3] | - | | 14-25 | 25-28 |
| 3200 | - | | 12-20 | 20-24 |
| 3210 | | | 12-20 | 25-30 |
| - | $P_x$ | | 12-15 | 20-25 |
| - | | P24[5] | 15-25 | 20-25 |
| | - | P77[5] | 12-18 | 20-25 |

1 P. columbinus
2 P. cornucopiae
3 Pleurotus hibrid
4 - P. eringii
5 Pleurotus sp.
6 P. pulmonarius

Приведем краткую характеристику наиболее распространенного сорта вешенка НК-35, которую дает фирма Somycel.

Сорт НК-35 - гибридный, получен в кооперативе "DUNA" Венгрии, Фирма "Sylvan" (Somycel) имеет эксклюзивные права на этот сорт.

**Описание:**

Шляпка серая, серо-коричневая, круглая, мясистая. Размер шляпки в пределах 6-12 см. Грибы растут в сростках, более 60% плодовых тел в сростке первого сорта.

**Характеристика условий культивирования:**

- инокулируют субстрат, охлажденный до температуры 25-28°С. Посевная норма 30л мицелия на 1 тонну субстрата;
  во время инкубации температура воздуха не должна превышать 20°С, а температура субстрата 30°, во избежание развития конкурентной микрофлоры;
- в период плодоношения температура воздуха должна находиться в пределах 14-20°С, наилучшее качество грибов получают при низкой температуре воздуха - 14-16°С;
- первая волна плодоношения наступает через 4 недели после инокуляции. Грибы появляются равномерно, без резковыраженных волн плодоношения;
- важное значение имеет обеспечение большим количеством воздуха в период плодоношения. Относительная влажность воздуха в этот период поддерживается на уровне 80-90%. Если она превышает 90%, появляется опасность развития бактериальной пятнистости. Потребность в освещении у сорта НК-35 невысокая, чем больше света, тем темнее окраска плодовых тел;
- при выращивании НК-35, также как и других сортов вешенки, необходимо соблюдать хорошую гигиену на производстве:
  а) для борьбы с мухами использовать препараты синтетических пиретроидов (арриво, цимбуш и т.п.)
  б) для борьбы с конкурентными плесенями опрыскивать емкости с субстратом 0,3% раствором беномила (10 литров раствора на 100 мешков). Не применять в период сбора урожая
  окраска и качество плодовых тел сорта НК-35 позволяют успешно продавать грибы в свежем виде.

По урожайности европейские сорта вешенки можно разделить на три группы:

1) Высокоурожайные, дающие 220-250 кг грибов с 1 тонны субстрата: НК-35, Р-24, Рх;
2) Среднеурожайные, дающие 180-200 кг с 1 тонны субстрата: Р4, Р20, Р40, 3200;
3) Относительно низкоурожайные, дающие по 120-150 кг грибов с 1 тн субстрата. Это: Р1, 3210.

Сорт Р-24 также заслуживает внимания, благодаря высокой скорости плодообразования и хорошей урожайности. Окраска плодовых тел при низкой температуре темно-серая, при высокой - серая и светло-серая. Плодоношение возможно в широком диапазоне температур от 14-16° до 24-26°

Российские лаборатории продают мицелий различных штаммов (нескольких видов) вешенки, в том числе достаточно много местных дикорастущих штаммов. Некоторые из штаммов приведены в таблице 30.

Таблица 30.

**Культивируемые в Росси штаммы вешенки**

| Штамм | Шляпка | Сростки | Отношение к температуре |
|---|---|---|---|
| Р-77 | серая, темно-серая, средней плотности 6-12 см | крупные однородные | бесшоковый 14-20 |
| ВНР-27 | серо-фиолетовая, плотная, 8-12 см | крупные однородные | бесшоковый14-18 |
| БС | серая, средней плотности | средние однородные | бесшоковый14-22 |
| Р24 | серая, средней плотности 6-12 см | большие однородные | бесшоковый 15-25 |
| Львовский | серо-коричневая 6-15 см | большие неоднородные | бесшоковый 15-25 |
| Зоммер | серая, средней плотности 6-12 см | средние однородные | бесшоковый 14-22 |
| Gh (ВНР) | серо-голубая, мякоть тонкая, 4-10 см | средние однородные | бесшоковый 14-20 |
| НК-35 | серая, темно-серая, коричневатая, средней плотности, 6-12 см | средние однородные | бесшоковый14-20 |
| М-27 | темно-серо-фиолетовая, плотная, 10-20 см | крупные неоднородные | шоковый10-16 |
| Рх | коричневая, плотная, 8-15 см | крупные однородные | шоковый10-18 |
| Дон-112 | серая, средней плотности, 6-12 см | крупные однородные | шоковый10-18 |
| Флорида | бежевые, светло-оранжевые, средней-плотности 6-15 см | крупные неоднородные | бесшоковый 18-28 |



### 3.5.2. Посевной мицелий.

Посевной мицелий вешенки производится на различных материалах или носителях. Крупные зарубежные лаборатории (Sylvan) выращивают мицелий вешенки на просе и, реже, на ржи. Мицелий продается в больших 15 литровых полипропиленовых пакетах с микропористыми фильтрами для воздухообмена. Мицелий в таких упаковках стерильный и длительное время сохраняет высокую энергию прорастания при хранении в холодильных камерах с температурой 0-2°С.

Российские лаборатории производят мицелий вешенки на зерне проса, ржи, ячменя, овса, пшеницы. Некоторые лаборатории производят субстратный мицелий вешенки, чаще всего на лузге подсолнечника. Мицелий продают как в стерильных упаковках (полипропиленовые мешки с фильтром), так и перетаренный в перфорированные полиэтиленовые пакеты. Конечно, перетаренный мицелий уступает по качеству стерильному. Здесь имеется в виду один аспект качества мицелия - стерильность. Кроме того, мицелий должен иметь хорошую энергию прорастания и всхожесть (скорость обрастания зерен мицелия после посева в субстрат и процент обросших зерен). Мицелий должен быть определенного сорта или штамма, и производитель мицелия обязан предоставлять грибоводу всю необходимую информацию для успешного выращивания вешенки. Конкурентоспособность мицелия по отношению к плесневым грибам (триходерма и др.) - еще одна важная характеристика штамма. Некоторые штаммы настолько слабоконкурентны, что для нормального развития в субстрате приходится увеличивать норму посева до 10% и выше или переходить на стерильную обработку субстрата.

Мицелий, взятый для посева, должен иметь небольший срок хранения (чем свежее, тем лучше). Пределы хранения и условия определяет лаборатория мицелия.

### 3.5.3. Хранение мицелия, подготовка к посеву.

Мицелий хранят в холодильниках или холодильных камерах при температуре 0-2°С. Срок хранения мицелия в сильной мере зависит от штамма, материала носителя, упаковки, перфорации. Для отечественного мицелия это обычно 2-3 месяца, для импортного - до 6 месяцев. Субстратный мицелий хранится несколько дольше зернового (до 6-9 месяцев), вследствие более обедненного состава носителя.

Перед использованием мицелий за 16-24 часа до предполагаемого посева переносят из холодильника в помещение с комнатной температурой. К моменту посева температура мицелия должна приближаться к температуре субстрата. Это предотвращает "термический шок", когда холодный мицелий попадает в теплый (25-30°С) субстрат и, кроме того, способствует более быстрому разрастанию мицелия в субстрате. До посева мицелий необходимо перевести из состояния "сросшегося блока" в полностью сыпучее состояние, облегчающее равномерное распределение посевного материала в субстрате.

Все манипуляции с мицелием проводят в чистых ящиках, чистым инструментом. Персонал, проводящий инокуляцию, одевает чистую одежду. Очень часто именно грязные халаты являются причиной распространения инфекции. Помещение, где проводят фасовку и инокуляцию субстрата необходимо отделять от "грязной зоны" - зоны загрузки сырья на термообработку. Если такой возможности нет, то перед инокуляцией надо провести санитарную обработку помещения (влажная уборка, обработка 1-2% гипохлоритом).

Анализ источников инфицирования субстрата спорами триходермы показывает, что на первом месте находятся два основных источника: рабочий персонал и органические остатки отработанного субстрата. Далее следуют инструменты, оборудование. На последнем месте - исходный необработанный субстрат. Таким образом, соблюдение санитарно-гигиенических правил является насущной необходимостью, особенно в помещении инокуляции.

### 3.5.4. Посевная норма и способы посева.

Посевная норма зависит от качества мицелия, штамма и вида гриба, от материала носителя. Мицелий вешенки на просе имеет в 4-5 раз больше точек инокуляции, чем мицелий на ржи или ячмене, при одинаковой норме посева. Поэтому норма просяного мицелия может быть снижена почти в 2 раза по сравнению с мицелием на основе крупного зерна (ячмень, рожь, пшеница). Зарубежные производители мицелия, например фирма Sylvan, рекомендуют вносить 30л просяного мицелия на 1 тонну субстрата (сырая масса) или 1,8% от массы. Российские производители мицелия рекомендуют вносить 50-60 л просяного мицелия (3,0-3,6%) или 80-100л мицелия на крупном зерне (4,8-6,0%). Субстратный мицелий вносят на уровне 6,0-8,0% от массы субстрата. В некоторых случаях, когда субстрат сильно инфицирован или штамм вешенки слабоконкурентен, норму посева увеличивают до 8-10% от массы

субстрата (для мицелия на крупном зерне). В случае стерильной технологии посевная норма мицелия снижается до 1-2% для крупного зерна и 0,5-1% для проса.

**Имеется несколько способов посева мицелия:**

1) Поверхностный.

Для стерильной технологии. Мицелий рассыпают по поверхности субстрата в банках или пакетах. Мицелий растет сплошным фронтом сверху вниз. Зарастание длительное 25-30 дней.

2) "В канал"

Для стерильной технологии. Мицелий помещают в канал, пробитый в субстрате до стерилизации (в банках). Мицелий разрастается из центра во все стороны. Зарастание быстрое, около 14 дней.

3) Послойное.

Для нестерильной технологии. Мицелий вносят послойно, через слои субстрата толщиной 5-7 см. Техника удобна для некоторых несыпучих субстратов типа хлопковых очесов. Зарастание относительно быстрое 14-20 дней.

4) Смешанный.

Для нестерильной технологии. Мицелий смешивают с определенной порцией субстрата и затем фасуют в емкости. Этот метод используется всеми крупными производителями вешенки. Смешивание может быть ручное или механизированное в смесителях. Равномерное распределение мицелия при смешанном посеве способствует быстрому обрастанию субстрата мицелием (за 10-14 дней).

Во время посева температура субстрата должна быть в пределах 20-30°С, а влажность субстрата от 65 до 70%.

**Заключение.**

Мы рассмотрели разнообразные способы обработки субстрата. Какой из вариантов применить в каждом конкретном случае решает сам грибовод, учитывая технические возможности, характеристики субстрата, параметры субстратного блока, качество мицелия, планировку помещений и т.д.

Обязательно нужно вести подробные записи, где фиксировать все основные параметры технологических операций. Необходимо постоянно контролировать состояние сырья и добавок, качество проведения подготовительных операций. Для этого проводят визуальную оценку и делают анализы субстрата на общий азот, влажность при хранении и влажность до и после термообработки, рН до и после обработки. Во время термообработки замеряют температуру субстрата в нескольких точках и заносят данные в паспорт. При инокуляции и фасовке отмечают тип мицелия, штамм, производителя мицелия, норму посева, способ посева, массу субстратного блока, количество блоков. Вариант такого паспорта приведен на рис. 21.

Успешная работа грибовода основывается на нескольких хорошо проработанных этапах технологии культивирования:

- тщательно изученная сырьевая база, качественное сырье;
- хорошо контролируемая термообработка, оптимальная экспозиция;
- высокое качество мицелия и поддержание санитарных условий во время фасовки и инокуляции;
- создание оптимальных условий для разрастания мицелия вешенки в субстрате;
- создание оптимального микроклимата в период плодоношения.

В грибоводстве любая незначительная "мелочь" в технологии может привести к серьезным последствиям. Грибовод не имеет права расслабляться. Он всегда должен быть настороженным, так как опасности поджидают его на каждом шагу. Только строгое соблюдение технологии, поддержание высокого уровня санитарии и гигиены обеспечат стабильную надежную работу грибной фермы.



Рисунок 21

**Паспорт оборота культуры**

**1. Состав субстрата**
Основа
Питательная добавка -
Минеральная добавка -
Итого: сухая масса субстрата (т) -

1(А) Примечание
(характеристика)

1 (Б) Анализы: основа/питательная добавка
Общий азот ($N_0$)

**2. Замачивание**
Начало -
Окончание -
Условия (место) -

Расходы воды (м³)

2(А) Анализы: субстрат после увлажнения
Влажность субстрата (W%) -
pH -
Масса (т) -

**3. Пастеризация**

**Партия N -**
**от (дата) -**

| Фаза | | Нагрев | Пастеризация | | | | | | | | | | | | Охлаждение |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Даты | | | | | | | | | | | | | | | |
| Часы | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Датчики $t^0$ | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| Среднее | | | | | | | | | | | | | | | |

**3А. Ферментация**

| Фаза | | Ферментация | | | | | | | | | | | | Охлаждение |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Дата | | | | | | | | | | | | | | |
| Часы | | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | |
| Датчики $t^0$ | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | |
| Среднее | | | | | | | | | | | | | | |

3Б Анализы готового субстрата: Влажность субстрата (W%): pH -

**4. Инокуляция и фасовка**

4А Мицелий - сорт - Производитель -
упаковка - Носитель -

4Б Норма посева - Способ посева -

4В Масса субстратного блока (кг) -
Количество блоков (шт.) - Объем блока (л) -
Общая масса инокулированного субстрата (т) - Плотность (кг/л) -